

I. *Beitrag zu den elektro-chemischen Merkwürdigkeiten der salpetersauren Silberlösung;*
von G. Th. Fechner ¹⁾.

Die folgende Abhandlung hat den Zweck, theils einige an sich interessante Thatsachen mitzutheilen, theils an einigen Beispielen den bisher nicht berücksichtigten Zusammenhang zwischen verschiedenen Umständen zu zeigen, die bei elektro-chemischen Versuchen Anwendung erleiden.

Mehrere der hier gehörigen Versuche werden allerdings eine andere Deutung, als ich ihnen gegeben, von Denen erfahren, welche das auf Rechnung von Gegenspannungen oder von Elektrizitäts-Erregung durch Berührung von Flüssigkeiten unter einander oder mit festen Körpern zu schreiben geneigt sind, was ich auf Rechnung materieller Veränderungen der Metalle durch die Flüssigkeiten, wenn nicht allein, doch grosentheils schreibe. Da die vorliegende Abhandlung nicht bestimmt ist, über das Für oder Wider dieser Ansichten zu entscheiden, so überlasse ich Jedem gern, den Ausdruck der Thatsachen, den ich nach meiner Ansicht gestellt habe, in die Sprache seiner eigenen Ansicht zu übersetzen. Allerdings dürfte man Mehreres darunter vorfinden, was sich jenen Ansichten nur gezwungen fügen wird.

Als Multiplicatoren dienten bei den folgenden Ver-

1) In meiner letzten Abhandlung über die Vortheile langer Multiplicatoren (diese Ann., Bd. XXXV S. 232 ff.) bitte ich, gelegentlich Folgendes zu berichtigen: S. 236 Z. 16 v. u. st. Wirkungen l. Windungen. — S. 243 Z. 15 v. o. st. an l. von. — S. 245 Z. 12 v. u. streiche das Wort nicht.

suchen stets die beiden längeren Exemplare, die ich in meiner letzten Abhandlung (diese Annalen, Bd. XXXV S. 232) beschrieben habe, und zu allen messenden Versuchen namentlich der längste, mit L bezeichnete, angenommen zu den, unter No. 3 beschriebenen, zu welchen der Multiplicator K diente. Diese Anwendung langer Multiplicatoren hat unstreitig nicht nur die Deutlichkeit der Wirkungen befördert, sondern es auch möglich gemacht, bei einer Schicht Flüssigkeit, die nie über einige Linien Höhe (bei einem Abstände der Platten von ungefähr 1 Zoll) betrug, Resultate zu erhalten, die mindestens sehr wenig von Veränderungen des Uebergangswiderstandes afficirt seyn können.

Wo ich bei Maafs, die mittelst der Oscillations-Methode (bei senkrechter Lage der Doppelnadel gegen die Windungen) genommen sind, nicht gleich die berechneten Kräfte selbst mittheile, kann man dieselben mit Hilfe des Datums berechnen, dafs die Doppelnadel unter dem blofsen Einflufs der Erde 92 Zeittheile (Drittel-Secunden) zu je 2 Oscillationen, deren Zeit im Folgenden immer angegeben ist, brauchte.

In Betreff der im Folgenden vorkommenden Versuche mit ungleichzeitigem Eintauchen homogener Metalle bemerke ich, dafs ohne Ausnahme nach geschehener Anstellung eines Versuchs derselbe mit neugereinigten und verwechselten Platten wiederholt wurde, um jeden Einflufs eines ursprünglichen Mangels an Homogenität auszuschliessen.

Unter starker Silberlösung verstehe ich im Folgenden in allen Fällen, wo nichts Anderes bemerkt ist (und diefs ist nur unter No. 2 der Fall), eine solche, welche 1 Gewichtstheil des Salzes auf 12 Gewichtstheile Wasser enthält. Diese Lösung ist auch den Verdünnungen als Einheit zu Grunde gelegt. Sie reagirte etwas säuerlich.

1) Eine bemerkenswerthe Mannichfaltigkeit von Formen, unter welchen sich das Silber niederschlagen kann,

bietet die Fällung desselben durch Zinn dar. Man giesse in ein Uhrglas etwas starke Silberlösung und lege ein Stückchen blankes Zinn hinein, am besten den cylinderförmigen Abschnitt eines Zinndrahts auf eine seiner Basen. So wie man es hineinlegt, schwärzt es sich, umgiebt sich dann sofort mit einem grauen Bart, sehr bald aber — und dieß ist der frappanteste Theil des Phänomens — fangen von dem grauen Barte an, an der Oberfläche der Flüssigkeit, zarte weiße Theilchen radienartig mit einer sehr bemerkenswerthen Abstosungsbewegung in die Flüssigkeit hineinzustrahlen, so daß das Ganze das Ansehen einer kleinen weißen Sonne erhält. Dem Anschein nach stellt sich die weiße Substanz als Zinnoxid dar; da sie sich indess am Lichte dunkler färbt, so müßte sie in diesem Fall wenigstens eine Silberverbindung beigemischt enthalten. Nicht minder merkwürdig als die Erzeugung dieser Substanz ist der Umstand, daß sie stets bloß eine gewisse Periode hindurch sich bildet. Allmählig hört die Bildung ganz auf, die äußeren Theilchen werden durch den Einfluß des Lichts dunkelviolet und unscheinbar, und es bleibt bloß noch eine Zeit lang ein weißer Ring um den grauen Bart sichtbar, der sich von jetzt an in metallglänzenden Nadeln oder Blättern fortsetzt, die unter dem weißen Ringe hervorzunehmen und allmählig die ganze Flüssigkeit auskrystallisiren. In einem Falle sah ich statt dieser glänzenden Nadeln ganz schwarze Dendriten das Uhrglas überziehen, habe aber in einem Gefäße dieser Art dieselbe Erscheinung nicht wieder hervorzubringen vermocht. Dagegen erhält man einen schwarzen Niederschlag, jedoch mehr in Gestalt einer amorphen Masse, mit Sicherheit, wenn man in ein Glasgefäß mit flachem, aber in der Mitte sich ein wenig aufwärts wölbendem Boden sehr wenig Silberlösung gießt, so daß sie die mittlere Wölbung kaum oder gar nicht überdeckt, und eine Zinnplatte am Rande des Gefäßes hineinstellt. Nachdem der graue Bart und die weißen Strah-

len wie vorhin entstanden sind, quillt unter der weissen Materie die schwarze hervor, öfters einen Bart von grauen Dendriten vor sich herschiebend. Manchmal ist die schwarze Farbe dieses Niederschlags ausnehmend tief und dann durch den Gegensatz zur weissen Materie sehr bemerkenswerth. Besonders glaube ich diefs dann gefunden zu haben, wenn unter den angegebenen Umständen das Zinn mit Zink (in einem Abstand von 1 bis $1\frac{1}{2}$ Zoll davon stehend) zur Kette geschlossen war; doch kann ich nicht versichern, dafs diefs gerade wesentlich ist. Auch beim Zink quillt nach einiger Zeit in der sehr seicht stehenden Auflösung unter dem grauen Barte eine schwarze Materie hervor, welche schnell vorschreitet; aber nie zeigt sich dieselbe weisse Materie, als am Zinn, wo sie bei allen Formen des Versuchs constant ist.

2) Die Schliessung des Zinks mit Zinn in starker Silberlösung (sowohl bei 1 Th. Salz in 8 Th., als in 12 Th. Wasser) ist noch von besonderen merkwürdigen Umständen begleitet. Bei oft wiederholten Versuchen habe ich nämlich Folgendes constant wahrgenommen. (Das Zink war destillirtes, das Zinn gutes englisches. Beide Platten standen in 1 bis $1\frac{1}{2}$ Zoll Abstand. Die Flüssigkeitsschicht hatte, wie immer, nur einige Lin. Höhe.) Wenn die Kette durch das Eintauchen der an den Enden des Multiplicators befestigten Platten geschlossen wird ¹⁾, so macht im Moment des Eintauchens die Nadel des Multiplicators einen einzigen kurzen Ruck auf die Seite, welche eine Positivität des Zinks anzeigt, geht dann für einige Secunden auf die entgegengesetzte Seite hinüber, kehrt dann wieder auf die erste Seite zurück, verweilt hier längere oder kürzere Zeit (bei verschiedenen Versuchen wechselnd zwischen 2 und 10 Min.), kehrt dann abermals auf die entgegengesetzte Seite um, und

1) Diefs ist ganz wesentlich, weil, wenn man die Platten zuvor eintaucht, und dann schliesst, ein Theil der Veränderungen schon vorübergegangen ist, auf denen die folgende Erscheinung beruht.

geht endlich 10 bis 15 Min. später (einigemal selbst noch später) nochmals auf die erste Seite zurück, welche der Positivität des Zinks entspricht, und von wo an ich dann weiter keine Umkehr beobachtet habe. Im Gauzen also finden hier 5 verschiedene Phasen abwechselnd entgegengesetzter Beschaffenheit statt. Die 3 ersten Phasen traten jedesmal auf die hier beschriebene Weise ein; statt der 4ten aber habe ich einigemal nur eine beträchtliche Schwächung der Kraft, als wollte sich die Nadel umkehren, beobachtet, wonach die Kraft wieder wuchs.

Die letzte Umkehr scheint mit einer Erschöpfung der Flüssigkeit an Silber zusammenzuhängen, was ich inzwischen nicht genau untersucht habe.

Wendet man eine mehr verdünnte Auflösung an, so dauert die erste Phase, die bei der unverdünnten Flüssigkeit blofs momentan ist, länger, und auch die späteren Phasen erleiden Abänderung. Bei Verdünnung der Auflösung (in diesem Falle 1 Th. Salz auf 8 Th. Wasser) mit dem 3fachen Volume Wasser dauerte die erste positive Phase des Zinks einige Secunden, die zweite negative $1\frac{1}{2}$ Min., in der dritten Phase ward die Nadel sehr unruhig, indem sie bald gröfsere, bald kleinere Oscillationen machte, so aber, dafs doch das Zink anfangs als positiv erschien, endlich ward die Ablenkung eine Zeit lang ganz unbestimmt, indem die Nadel in grossen Bogen bald auf die eine, bald die andere Seite hinüberging, bald sich im Kreise drehte; endlich aber fixirte sie sich wieder auf der Seite, welche der Positivität des Zinks entsprach, mit wachsender Kraft.

Bei Verdünnung der Auflösung mit dem 6fachen Vol. Wasser dauerte die erste positive Phase des Zinks 2 Min. lang, dann ging die Nadel unbestimmt bald auf diese, bald auf jene Seite in grossen Oscillationen, drehte sich mitunter ganz im Kreise, fixirte sich aber, ungefähr 8 Min. nach der Schliessung, auf der Seite, welche der Positivität des Zinns entsprach, mit erst zu- dann abnehmender

Kraft. Um 14 Min. nach dem Schlusse fing die Nadel wieder an sich mehrmals im Kreise zu drehen, schwankte dann eine Zeit lang hinüber und herüber, und ging um ungefähr 17 Min. nach der Schließung bleibend auf die Seite über, welche der Positivität des Zinks entsprach, mit zunehmender Kraft.

Bei Verdünnung mit dem 20fachen Volume Wasser blieb das Zink bleibend positiv, mindestens ward 15 Min. nach der Schließung noch dieselbe Kraft als kurz nach der Schließung gefunden.

Durch ähnliche Versuche, als ich bei einigen folgenden Phänomenen auführen werde, würde sich unstreitig einiger Aufschluss über den Hergang bei dem hier angeführten Wechsel in Richtung der Stromkraft haben erhalten lassen. Indefs ist wahrscheinlich das Phänomen ein sehr complicirtes, und es schien mir unpassend, mit Untersuchung der complicirtesten Phänomene den Anfang zu machen, da sich minder complicirte Fälle derselben Klasse genug darbieten. Ich habe daher die Erscheinung nicht weiter verfolgt.

Eine bestimmte Coincidenz der Wechsel in der Richtung der Stromkraft mit dem Wechsel der Niederschläge habe ich nicht darzuthun vermocht; doch ist es schwer, sicher darüber zu urtheilen. Dafs jedenfalls die erfolgenden Niederschläge nicht gleichgültig sind, geht daraus hervor, dafs Verrückungen der Platten auf solche Art, dafs ihr Verhältnifs zu den Niederschlägen gestört wird, leicht neue Umkehrungen hervorbringen.

Aufser der Zinn-Zink-Kette bieten auch gar manche andere Ketten in der salpetersauren Silberauflösung noch Merkwürdigkeiten dar. Eine Kette aus Zinn und Blei z. B. verhielt sich im Moment des Eintauchens als Zinn, Blei; die Kraft stieg, nahm dann wieder ab; 13 Min. nach der Schließung trat Umkehr ein (Zinn, Blei), wel-

cher bald darauf eine Rück-Umkehrung (Zinn⁺, Blei⁻) folgte. Dieser Versuch ist blofs einmal, mit einer Auflösung, welche wie gewöhnlich $\frac{1}{3}$ des Salzes enthielt, angestellt worden. In gleicher Auflösung zeigte sich Platin sowohl gegen Silber als Gold positiv; wurde aber eine hinreichend verdünnte Auflösung angewandt, so erfolgte eine allmälige Umkehr aus resp. Silber⁺, Platin⁻, Gold⁺, Platin⁻, in den Gegensatz.

Abwechselnde Verstärkungen und Schwächungen der Stromkraft habe ich auch noch bei verschiedenen andern Metallen in salpetersaurer Silberauflösung beobachtet¹⁾; jedoch etwas genauer nur bei einer Kette von Kupfer und Eisen verfolgt, wo noch andere merkwürdige Eigenthümlichkeiten sich damit verbinden. Hievon handelt der folgende Paragraph.

3) Wenn man Eisen mit Kupfer in starker Lösung schließt, so verhält sich, wie bekannt, das Eisen sofort negativ gegen das Kupfer und passiv. Schließt man beide Platten in 1 Zoll Abstand von einander, damit der Niederschlag vom Kupfer nicht zu schnell an das Eisen heranwächst, so findet man, dafs die Kraft vom Anfange der (mit dem Eintauchen zugleich bewerkstelligten) Schließung erst fällt, dann wieder steigt, ein Wechsel, der sich noch mehrmals wiederholen kann, während dessen der Silberniederschlag vom Kupfer zum Eisen fortkriecht. Dieses selbst bleibt blank, und blofs ganz allmälig sieht man an dem auf dem Boden aufstehenden Rande der Platte einzelne Silberflöckchen sich ansetzen. So wie das Eisen vom Silberniederschlage erreicht ist und es dadurch mit dem Kupfer verbunden wird, fängt die Kraft, die vorher stark gestiegen war, an, stark und dauernd

1) Auch in anderen chemisch differenten Flüssigkeiten sind sie nicht gar zu Seltenes, z. B. bei verschiedenen Ketten in rauchender Schwefelsäure, welche Flüssigkeit überhaupt reich an elektro-chemischen Merkwürdigkeiten ist.

zu fallen (unstreitig, weil jetzt ein Theil der Strömung seinen Weg durch das Silber nimmt). Der Niederschlag wächst nun bis hinter das (etwas vom Rande des kreisrunden Gefäßes abstehende) Eisen fort, und nach längerer oder kürzerer Zeit fängt auf einmal das Eisen an, sich, von einer Stelle aus fortschreitend, zu überkupfern, und während dieses Vorgangs kehrt sich die Nadel um, worauf die Kraft sofort eine bemerkenswerthe Stärke in entgegengesetzter Richtung von vorhin erlangt, eine Kraft, die zuweilen beträchtlich größer ist, als diejenige, welche sie bei der ersten Schließung hatte (ungeachtet der noch fortbestehenden Verbindung zwischen Eisen und Kupfer durch gefällttes Silber), die aber von da fortschreitend abnimmt, während der Kupfer-Niederschlag am Eisen wächst. Diesen Gang der Erscheinung habe ich in wiederholten Versuchen beobachtet, und in einigen messend mittelst der Methode der Oscillationen verfolgt, indem ich die Kraft von 5 zu 5 Min. beobachtete. Bei dem einen dieser Versuche war die zu Anfange der Schließung (0 Min.) beobachtete Kraft, mittelst der ersten 6 in merklichem Isochronismus vor sich gehenden Schwingungen gemessen, 18,041. Sie sank von da, und bei 10 Min. ward ein Minimum 5,4051 gefunden ¹⁾; von da stieg sie, bis bei 25 Min. ein Maximum 12,124 gefunden wurde; dann sank sie wieder, bis bei 55 Min. ein Minimum 8,000 gefunden wurde, welches noch bei 65 Min. genau fortbestand, von wo an die Kraft wieder stieg, bis bei 110 Min. fast das Doppelte der vorigen Kraft, nämlich 15,688, erreicht war, die auch bei 120 Min. noch fortbestand; darauf sank die Kraft abermals, bis bei 135 Min. ein Minimum 11,641 eintrat; stieg dann abermals

1) Während der Periode des ersten Sinkens pflegt der, die Kupferplatte anfangs wie ein Pelz überziehende, Silberniederschlag sich durch seine Schwere davon abzulösen, und dies mit einem besonderen, vom übrigen Gange der Kraft unabhängigen, Abfall derselben, der indess meist nicht bedeutend ist, verbunden zu seyn.

und hatte bei 148 Min. die Gröfse 17,025 erreicht. Kurz darauf trat Berührung des Silberniederschlags mit dem Eisen ein, die Kraft sank schnell, und ungefähr um 150 Min. kehrte sich die Nadel unter Ueberkupferung des Eisens um ¹).

Als kurz (doch nicht unmittelbar) darauf die Kraft wieder gemessen wurde, fand sie sich 31,093, sank aber von da continuirlich, und hatte unstreitig schon bei der Messung nicht mehr ganz die gleich nach der Umkehr stattfindende Gröfse.

Hier folgen die Resultate eines anderen Versuchs, der unter ziemlich ähnlichen Umständen angestellt worden ist. Ich setze von den, ebenfalls von 5 zu 5 Min. gemachten Beobachtungen blofs die Maxima und Minima her.

0 Minuten		18,041
20	-	8,288
30	-	12,633
35	-	11,187
40	-	11,187
65	-	12,633
125	-	16,422
130	-	16,422.

Zwischen 130 und 135 Min. erreichte der Silberniederschlag die Eisenplatte.

135 Minuten		9,590
140	-	3,000
143½	-	Umkehr der Nadel unter Ueberkupferung.
145	-	14,353
190	-	5,059.

Als jetzt die Kupferplatte in der Flüssigkeit bewegt wurde, sank die Kraft fast unmerklich; als dann die Ei-

1) Diese nahe Coincidenz der Umkehr mit der Verbindung beider Platten durch Silber ist hier nur zufällig; ersterer Umstand kann viel später als letzterer eintreten.

senplatte bewegt wurde, stieg sie sofort auf die Kraft 18,041, die beim ersten Anfang des Versuchs beobachtet wurde, und von da an noch höher, so dafs nach einiger Zeit 35,000 beobachtet wurde.

Stellt man die Platten einander sehr nahe, etwa 1 Linie weit, in die Mitte eines Gefäßes, so erfolgt (wenigstens nach einem Versuche) ein continuirliches Sinken der Kraft von Anfange an. Wenn der Silber-niederschlag die Eisenplatte erreicht hat, so fällt, wie vorhin, die Kraft noch schnell um ein Bedeutendes, und das Sinken schreitet dann langsam weiter fort, indem das Silber immer weiter hinter das Eisen fortkriecht, aber erst lange Zeit nachher erfolgt die Umkehr der Kraft unter Ueberkupferung des Eisens.

Stellt man umgekehrt die Platten weiter von einander ($1\frac{1}{2}$ Zoll), so erfolgt Umkehrung mit Ueberkupferung noch bevor der Silber-niederschlag das Eisen erreicht hat, und auch hier springt die Kraft plötzlich auf einen sehr hohen Werth über. Um daher den Gang des Phänomens rein zu beobachten, wird ein weiter Abstand der Platten vorzuziehen seyn.

Es hat allen Anschein, dafs die Umkehrung mit einer nahen Erschöpfung der Flüssigkeit an Silber zusammenhängt, wo dann das salpetersaure Kupfer eine Veränderung anderer Art hervorbringt, als das salpetersaure Silber. In der That sah ich bei letzterem Versuche nach der Umkehr das Silber nur noch sehr spärlich fortwachsen, und als ich nicht lange Zeit nachher den Versuch schlofs, ward in derselben Flüssigkeit Eisen sofort positiv gegen Kupfer, und Kochsalzlösung zeigte keinen Silbergehalt mehr an.

4) Der Erfolg des folgenden Versuchs liefs sich nach der Analogie der salpetersauren Silberauflösung mit der Salpetersäure hinsichtlich ihrer Wirkung auf Eisen voraussehen; indessen theile ich ihn hier mit, zur Anknüpfung weiterhin folgender Versuche.

Schließt man Eisen mit Kupfer mittelst des Multiplifiers in starker oder auch *mäßig* verdünnter Lösung, so erscheint, wie auch schon im vorigen Paragraphen bemerkt, das Kupfer *sofort* positiv gegen das Eisen, und dieses bewirkt unter diesen Umständen keine Fällung des Silbers, wohl aber das Kupfer. Das Eisen bleibt auch dann noch negativ und passiv, wenn man allmählig so viel destillirtes Wasser zufügt, daß frisches Eisen, mit frischem Kupfer darin geschlossen, positiv und activ wird, oder wenn man die Combination (ohne sie vorher abgewischt zu haben, wodurch die superficielle Veränderung leicht mit entfernt werden könnte) in eine gleich so verdünnte salpetersaure Silberauflösung (oder in destillirtes Wasser) übersetzt, daß frisches Eisen mit frischem Kupfer darin positiv und activ wird ¹⁾. Doch verdient Bemerkung, daß nach kürzerer oder längerer Zeit durch die fortgesetzte Einwirkung der neuen Flüssigkeit die stattgehabte Veränderung allerdings aufgehoben wird, so daß zuletzt das Eisen in die der Beschaffenheit der Flüssigkeit entsprechende Positivität und Activität übergeht.

5) Sehr unerwartet war mir folgende Umkehrung

- 1) Sollen diese Versuche gelingen und für eine wirklich stattgefundene Veränderung der Metalle beweisen, so sind folgende Rücksichten dabei zu nehmen: Die Metallplatten müssen wirklich so weit mit der starken Lösung genetzt werden, als sie beim nachherigen Zufügen von Wasser oder Versetzen in schwächere Flüssigkeit genetzt werden, damit nicht ein gewisser Antheil unveränderter Oberfläche dann in Wirkung komme. Beim Versetzen in Wasser oder schwächere Lösung kann man den Einwand machen, daß die mit den Platten übergeführte Schicht concentrirter Flüssigkeit selbst eine Verstärkung der schwachen Flüssigkeit der Art hervorbringe, daß die fortdauernde Negativität des Eisens dadurch bedingt werde. Inzwischen läßt sich dieser Einwurf dadurch heben, daß man die zweite Flüssigkeit in hinreichender Menge nimmt, die hineingesetzten Platten anfangs darin sanft hin- und herbewegt, und sich überzeugt, daß auch noch nach dem Versuche frisches Eisen mit frischem Kupfer darin sofort positiv und activ wird.

des vorigen Versuchs, von deren wirklichem Stattfinden ich mich inzwischen durch die vielfältigste Wiederholung überzeugt habe: Wenn Eisen mit Kupfer in salpetersaurer Silberauflösung von solcher Verdünnung (oder auch bloßem Wasser) geschlossen wird, daß das Eisen gegen das Kupfer sofort positiv und activ wird, so bleibt es positiv und activ, auch wenn noch allmählig so viel salpetersaure Silberlösung zugefügt wird, daß frisches Eisen mit frischem Kupfer negativ und passiv darin wird.

6) Durch frühere Versuche ¹⁾, die ich seitdem noch sehr erweitert habe, habe ich mich überzeugt, daß im Allgemeinen in den Fällen, wo zwei Metalle in einer Flüssigkeit das, dem normalen entgegengesetzte, elektromotorische Verhältniß zeigen, sich ein Verdünnungsgrad der Flüssigkeit der Art finden läßt, daß die Combination bei Schließung darin erst das normale Verhältniß zeigt, was sich aber allmählig (oder nach Umständen nur nach einem kurzen Ruck der Nadel auf die normale Seite) in das entgegengesetzte umkehrt, indem unstreitig die, in concentrirter Flüssigkeit plötzlich erfolgende, Veränderung der Metalle, wovon die Umkehrung abhängt, hier nur allmählig erfolgt. Kupfer mit Eisen in salpetersaurer Silberauflösung macht eine bemerkenswerthe Ausnahme hiervon. Wie vielfach ich auch die Verdünnung abänderte, bei keinem Verhältnisse derselben habe ich eine solche Umkehrung aus dem normalen Verhalten in das entgegengesetzte beobachten können; dagegen gab es ausgedehnte Verdünnungsgränzen, wo die Umkehrung in verkehrter Richtung erfolgte, indem das Eisen erst passiv und negativ gegen Kupfer war, dann, unter immer sichtbarer werdender Schwärzung durch Fällung von Silber, in positiv überging.

1) Dieselben sind in Schweigg. J. LIII. 61. 129. enthalten. Die sich dort vorfindende Angabe, daß auch Kupfer mit Eisen in verdünnter Silberlösung das normale Umkehrungsphänomen zeige, weiß ich nur durch eine zufällige Verwechslung des Ausschlags zu erklären.

Ist die Flüssigkeit so weit verdünnt, daß das Eisen gleich anfangs positiv gegen Kupfer ist, so bleibt es auch positiv gegen dasselbe, ja die Stromkraft nimmt von der Schließung an bis zu gewissen Gränzen zu ¹). Ist andererseits die Flüssigkeit zu concentrirt, so bleibt das Eisen dauernd negativ gegen Kupfer, abgesehen von der, im dritten Paragraphen erörterten, mit Ueberkupferung verbundenen Umkehr, welche (nach gänzlicher Veränderung der Flüssigkeit) erst sehr spät eintritt.

Die Gränzen, innerhalb deren das verkehrte Umkehrungsphänomen (um mich so auszudrücken) erfolgt, sind für verschiedene Sorten Eisen sehr verschieden, ja sie bleiben sich selbst für dasselbe Stück nicht immer gleich, wenn man dasselbe neu abgefeilt hat. Auch die Zeit, innerhalb deren die Umkehrung in einer gegebenen Verdünnung erfolgt, wechselt sehr, ist aber jedenfalls um so kürzer, je näher der Verdünnungsgrad derjenigen Gränze liegt, von wo an Eisen sofort und dauernd positiv gegen Kupfer ist.

Um hier einige Data mitzutheilen, so wurden bei meinen ersten Versuchen zwei Platten von derselben Eisensorte (Schleizer Eisen), welche *a* und *b* heißen mögen, angewandt, deren erstere sich ein wenig negativer zeigte, als letztere. Bei 12facher Verdünnung zeigte die Platte *a* (mit Kupfer geschlossen) selbst nach 15 Min. noch keine Neigung zur Umkehr; bei *b* erfolgte sie nach 7 Minuten. Bei 16- bis 20facher Verdünnung erfolgte mit beiden Platten Umkehr, in einer Zeit, die bei Wiederholung verschiedentlich von 1 bis 9 Min. wechselte. Bei 40facher Verdünnung erfolgte bei beiden die Um-

1) Ueberhaupt sind auch bei Versuchen mit anderen Flüssigkeiten und anderen Metallen der Fälle, wo die Stromkraft vom Beginn der Schließung an zunimmt, kaum weniger, als wo sie abnimmt, wofern man nur durch den Gebrauch langer Multiplicatoren den Einfluß, den die Veränderung des Uebergangswiderstandes hat, ausschließt, und die Stromkraft vom Moment des Eintauchens der Platten an verfolgt.

kehrung binnen einigen Secunden; bei 60facher Verdünnung erfolgte mit *a* die Umkehrung etwa nach 1 Sec., mit *b* fand bei der Schließung ein momentaner Stillstand der Nadel statt, worauf sie sofort auf die, der Positivität des Eisens entsprechende, Seite überging. Bei 80facher und 140facher Verdünnung zeigte sich *a* resp. nach 1 Sec. oder nach einem momentanen Stillstande, *b* sofort positiv. Bei 400facher Verdünnung waren beide sofort positiv gegen Kupfer.

Als ich diese schon vor ungefähr 2 Jahren angestellten Versuche neuerdings mit anderen Eisenplatten wiederholte, fand ich (bei zwei verschiedenen Eisensorten) die obigen Gränzen der Verdünnung für dieselben Phänomene viel weiter hinausgerückt, indem die eine Eisensorte selbst bei 60facher Verdünnung zuweilen noch negativ (und zugleich passiv) blieb, die andere mindestens $\frac{1}{2}$ Minute zur Umkehr erforderte; jedoch bei Wiederholung der Versuche mit denselben neu abgefeilten Platten blieben auch diese Bestimmungen sich nicht gleich.

7) Die nachfolgenden Versuche können, wenn nicht zur Erklärung, doch zur Erläuterung des im vorigen Paragraphen betrachteten Phänomens dienen, indem es dadurch auf ein Spiel von Veränderungen, die ihrer Ursache und materiellen Natur nach freilich selbst unbekannter Beschaffenheit sind, zurückgeführt wird. Das Resultat, was ich voranstelle, ist folgendes:

An dem ganzen Phänomen haben Veränderungen des Eisens den Haupttheil, obschon das Kupfer nicht ganz frei davon bleibt. In starker Flüssigkeit erfährt, wie schon früher bekannt, das Eisen eine sofortige und bleibende Veränderung, die es *elektro-negativer* macht, und bleibt blank (passiv); in sehr verdünnter Flüssigkeit erfährt es eine sofortige und bleibende Veränderung von *positiver* Natur, und schwärzt sich sofort beim Eintauchen; innerhalb der Verdünnungsgränzen, wo das Umkehrungsphänomen eintritt, erfährt es sofort beim Ein-

tauchen eine Veränderung von *negativer* Natur und ist anfangs blank; bald aber schwärzt es sich, gewöhnlich von einzelnen Stellen aus fortschreitend, und nie erfolgt die Umkehr eher, als wenn die Schwärzung eine gewisse Ausdehnung erlangt hat, womit dann zugleich die negative Veränderung in eine nachweisbar positive übergegangen ist. Das Kupfer verhält sich in starker wie in verdünnter Flüssigkeit wie ein negativ verändertes Metall, aber seine Veränderung kommt nicht in Betracht gegen die des Eisens.

Hier folgen die, in ihrem Detail noch manche interessante Punkte darbietenden, Versuche.

a) Wenn man Eisen, was in starker Flüssigkeit steht, mit dem vorragenden Ende an einem selbst eisernen Condensator anbringt, während die Flüssigkeit durch einen Streifen destillirten Wassers mit dem Erdboden communicirt, so wird der Condensator stark positiv geladen, was nicht anders seyn kann, wenn das in der Flüssigkeit stehende Ende wirklich negativ verändert worden ist. Wenn man dagegen mit Eisen in stark verdünnter Flüssigkeit (worin es sich schwärzt) denselben Versuch anstellt, so wird der Condensator stark positiv geladen. Manchmal findet man, dafs ein Stück Eisen den Condensator positiv ladet, während ein anderes in derselben Flüssigkeit stehendes ihn negativ ladet, und dann findet sich ohne Ausnahme, dafs ersteres sich geschwärzt hat, während letzteres blank geblieben ist; eine Coincidenz der Zustände, die ich durch die vielfachsten Abänderungen mit überraschend constanten und augenfälligen Resultaten verfolgt habe. Wendet man eine Flüssigkeit von solcher Verdünnung an, dafs ein gegebenes Stück Eisen erst nach einiger Zeit sich darin schwärzt und mit Kupfer das Umkehrungsphänomen zeigt, so findet man durchaus constant, dafs, so lange die Schwärzung noch nicht einige Ausdehnung erreicht hat, der Condensator positiv, nachher aber durch dasselbe Stück negativ geladen wird,

Dasselbe Phänomen des successiven Wechsels der Ausschläge kann man auch in einer sehr verdünnten Flüssigkeit, die unter den gewöhnlichen Umständen sofortige Schwärzung und Positivität des Eisens hervorbringt, dadurch erzeugen, daß man das Eisen erst in die starke Flüssigkeit eintaucht, dann mit der anhängenden Flüssigkeit in die verdünnte Lösung versetzt. Unter solchen Umständen dauert es oft ziemlich lange Zeit, daß das Eisen blank bleibt, und eben so lange ladet es auch den Condensator positiv; dies findet auch (eben so in den vorigen Fällen) noch dann statt, wenn die Schwärzung schon *begonnen* hat; aber noch ehe die ganze Platte davon ergriffen ist, tritt schon ein lebhafter entgegengesetzter Ausschlag ein.

Einigemale habe ich, wenn die Schwärzung schon begonnen hatte, jedoch das Eisen den Condensator noch positiv lud, die scheinbar blanken und passiven Stellen der Oberfläche mit einem höchst zarten Flaum der feinsten metallglänzenden Silbernadeln überzogen gefunden, der jedoch nur gut sichtbar bleibt, so lange man das Eisen in seinen Verhältnissen zur Flüssigkeit nicht stört, dagegen beim Herausziehen sich in einen feinen Schlamm verwandelt. Vielleicht sind die Anfänge dieses krystallinischen Niederschlags selbst schon vor begonnener Schwärzung vorhanden. Inzwischen habe ich anderemale nichts von diesem Phänomen wahrnehmen können.

b) Taucht man zu Eisen, was schon eine Zeit lang in salpetersaurer Silberauflösung gestanden hat, frisches Eisen, so verhält sich das erst eingetauchte Metall stets positiv gegen das hinzugetauchte, wenn jenes activ darinn ist, negativ hingegen, wenn es passiv darinn ist. Innerhalb der Gränzen des Umkehrungsphänomens kann man daher beliebig einen Ausschlag des Multiplicators nach der einen oder anderen Seite erhalten, je nachdem man das zweite Eisen in der ersten oder zweiten Periode hinzutaucht.

c)

c) Schließt man Kupfer mit Eisen in solcher Verdünnung, daß das Eisen sich gleich anfangs schwärzt, so erfolgt (wie bei verschiedenen Verdünnungen beobachtet wurde) gleich vom Anfange an ein Steigen der Kraft, was erst spät in ein Sinken übergeht. Z. B. in 384facher Verdünnung wurde folgender Gang der successiven Oscillationen beobachtet: 25; 24,5; 24,5; 24; 23,5; um 5 Min. nach der Schließung 21,5; um 1 Stunde 20; um $2\frac{1}{2}$ Stunde 21,5.

d) Taucht man innerhalb der Verdünnungsgrößen des Umkehrungsphänomens das Eisen eine Zeit lang vor dem Kupfer ein, so wird, wenn nach erfolgter Schwärzung das Kupfer zugetaucht wird, das Umkehrungsphänomen nicht erfolgen, sondern das Eisen sich sofort und dauernd positiv gegen das Kupfer zeigen. Taucht man dagegen das Kupfer eine gleich lange Zeit vor dem Eisen, so wird beim nachherigen Hinzutauchen des Eisens das Umkehrungsphänomen wie gewöhnlich eintreten.

e) Das Kupfer theilt, in starker Lösung stehend, einem kupfernen Condensator positive Electricität mit, was für eine negative Veränderung des in der Flüssigkeit stehenden Theils spricht. Bei Verdünnungen, innerhalb deren das Umkehrungsphänomen erfolgt, erhält man keine deutlichen Resultate mehr am Condensator.

f) Stellt man inzwischen in eine Flüssigkeit von solcher Verdünnung (48fache) eine Kupferplatte, und gleichzeitig eine zweite in ein anderes Gefäß mit destillirtem Wasser, verbindet man dann die Platten durch den Multiplicator, die Flüssigkeit der Gefäße aber durch eine, in feine Oeffnungen endigende, gebogene Röhre, welche selbst mit destillirtem Wasser gefüllt ist, so zeigt der Multiplicator die Negativität des in der Silberlösung stehenden Kupfers an.

g) Stellt man Versuche mit ungleichzeitigem Eintauchen homogener Platten an (bei 1 bis 5 Min. Zwischenzeit), so zeigt sich das erst eingetauchte Kupfer positiv

gegen das hinzugetauchte, mag die Flüssigkeit stark oder bis innerhalb der Gränzen des Umkehrungsphänomens verdünnt seyn. Der Ausschlag nach dem hinzutauchen kehrt sich aber immer sehr bald (noch vor 1 Min.) um, mag das Zutauchen in der kürzeren oder längeren Zwischenzeit erfolgen.

h) Combinirt man das Resultat der Versuche *e* und *f* mit *g*, so muß man annehmen, daß die negative Veränderung des Kupfers gleich beim Eintauchen (wo es sich in der That sofort schwärzt) im Maximum ist, und später wieder abnimmt ¹⁾. Als einen unterstützenden Beweis für diese Annahme kann man den Umstand ansehen, daß, wenn man eine Platinplatte längere Zeit in einer mäßig (32- bis 48fach) verdünnten Auflösung hat stehen lassen und dann Kupfer mit Schließung hinzutaucht, der Strom eine vom Anfange an wachsende Kraft zeigt.

i) Mag man das wachsende Metall nach 1 Min. oder nach 5 Min. zutauchen, so erscheint doch innerhalb der Gränzen des Umkehrungsphänomens (32- bis 48facher Verdünnung) die Positivität des erst eingetauchten Metalls *beträchtlich* größer bei Eisen, als bei Kupfer. So z. B. wurden für Eisen bei zwei Versuchen mit verwechselten Platten die Oscillationzahlen 16 und 15,5 für die Anfangskräfte erhalten, für Kupfer dagegen, unter vergleichbaren Umständen 74 und 71. Bemerkung indess verdient, daß bei diesen Versuchen mit dem Kupfer schon während der ersten zwei Oscillationen eine Verzögerung

1) Dieser Fall kommt öfters vor; besonders auffallend in Schwefelleberlösung bei Kupfer, Wismuth, Platin und anderen Metallen, wo jedoch die Veränderung positiver Natur ist. Es scheinen mir solche Fälle darauf zu beruhen, daß in manchen Flüssigkeiten zwei Veränderungen entgegengesetzter Art, vielleicht durch die verschiedenen Bestandtheile der Flüssigkeit, erfolgen, von denen die eine schnell auf dem Maximum, und überwiegend ist, die andere langsamer fortschreitend jene mindert, wohl selbst bis zur Umkehr, letzteres z. B. bei Zink in Schwefelleberlösung.

sehr sichtbar ist, daher diese Zahlen allerdings nicht zum reinen Maafse der anfänglichen Stromkraft dienen können.

k) Es gelang mir, zwei Eisensorten zu finden, von denen die eine in 24facher Verdünnung sofort sich schwärzte, die andere in derselben Verdünnung dauernd blank blieb. Jene gab bei Schließung mit Platin, was schon längere Zeit (10 Minuten) in dieser Verdünnung gestanden hatte, folgende successive Anfangs - Oscillationszahlen: 18, 16, 15; diese aber 57, 60, 63 und acht Min. nach der Schließung 72. Also bei dem ersten Eisen nahm die Kraft zu, indem das Eisen positiver wurde, bei dem letzten nahm sie ab, indem die Negativität zunahm; und die Anfangskräfte verhielten sich, wenn man von der, warscheinlich schon während der ersten zwei Oscillationen merklichen, Aenderung absieht, wie 25,1 zu 1,62. Gewifs ein merkwürdiges Resultat. In einer 32fachen Verdünnung zeigte ein sich unmittelbar schwärzendes Eisen, mit dem lange gestandenen Platin geschlossen, folgende Succession der Oscillationszeiten: 21, 19, 17, 16, 16, 15, 15.

Schließt man Kupfer unmittelbar beim Eintauchen mit Platin, was schon 10 Min. in der Flüssigkeit gestanden hatte, so zeigt sich bei verschiedenen Verdünnungen eine vom Anfange an schwach und langsam steigende Kraft, z. B. in 32facher Verdünnung folgende Oscillationszeiten: 27, 26, 25, 25, 25; auch 5 Min. nachher noch 25. In 24facher Verdünnung: 27, 25, 24,5, 24,5, 24, 24, 24. Sehr weit habe ich den Gang der Wirkungsänderung mit Fleiß hiebei nicht verfolgt; weil Platin, was 10 Min. in salpetersaurer Silberlösung gestanden hat, selbst noch eine langsam fortschreitende Aenderung erfährt, wie weiterhin folgende Versuche (die sich allerdings auf starke Lösung beziehen) zeigen werden.

l) Läßt man ein, sich in einer gegebenen Verdünnung sofort schwärzendes Eisen erst längere Zeit in der Flüssigkeit stehen, ehe man es mit dem Platin, was schon

längere Zeit in derselben Flüssigkeit gestanden hat, schließt, so erhält man eine stärkere Anfangskraft, als wenn man es unmittelbar beim Zutauchen mit dem Platin schließt, was beweist, daß das unter *k* bemerkte Steigen der Stromkraft abhängt von einer Aenderung, die nicht selbst erst durch die Schließung hervorgerufen wird.

In Betreff der vorigen Versuche bemerke ich noch im Allgemeinen, daß nach jedem Versuche die Flüssigkeit, in welcher eine Fällung durch Eisen oder Kupfer stattgefunden hatte, weggeworfen wurde, um nicht bei neuen Versuchen mit einer veränderten Flüssigkeit zu thun zu haben, daß jedoch mit Fleiß auch einige Versuche in derselben Flüssigkeit wiederholt worden sind, welche schon zu einem vorherigen Versuche gleicher Art gedient hatte, um durch das Constante der Resultate den Beweis zu erhalten, daß die angezeigten Wirkungsänderungen der Kette nicht von einer Aenderung der Flüssigkeit abhängen.

8) Ungeachtet ich eine sehr große Anzahl Metalle und Flüssigkeiten hinsichtlich ihrer Umkehrungsphänomene und des Verhaltens, was sie bei ungleichzeitigem Eintauchen darbieten, geprüft habe, ist mir doch eine solche Umkehrung in der, der normalen entgegengesetzten Richtung, als vorhin beschrieben worden, sonst bloß noch bei einigen Metallen in gesättigter oder wenig verdünnter Schwefelleberlösung vorgekommen. Hier nämlich zeigen die Combinationen Zinn, Kupfer, Eisen, Wis-muth ebenfalls die Eigenthümlichkeit, aus $-+$ in $+ -$ in kurzer Zeit überzugehen.

Bei Zinn-Kupfer bin ich den hiebei stattfindenden Veränderungen speciell nachgegangen, und es hat sich hieraus ergeben, *a*) daß sowohl Zinn als Kupfer durch Schwefelleberlösung positiv verändert werden, *b*) daß die anfängliche Veränderung des Kupfers viel stärker ist, als die des Zinns, aber schnell in so starkem Verhältnisse abnimmt, daß das Kupfer dadurch bald wieder un-

ter das Zinn gerückt wird. Die Verhältnisse der verschiedenen Metalle in Schwefelleberlösung sind überhaupt so interessant, daß sie eine besondere Betrachtung verdienen. Ich begnüge mich daher hier mit dieser vorläufigen Anzeige.

9) Gewöhnlich pflegt man anzunehmen, daß Platin ein, durch fast alle Flüssigkeiten unveränderliches Metall sey, und am wenigsten dürfte man in der salpetersauren Silberlösung das Vermögen suchen, eine Aenderung daran hervorzubringen. Inzwischen, wie man auch die nachfolgenden Erfahrungen deuten möge, gewiß ist, daß das in diese Lösung eingetauchte Platin bald nach dem Eintauchen ein ganz anderes elektrisches Vermögen zeigt, als späterhin. Im Sinne meiner Ansicht würde ich das Resultat so ausdrücken: Das Platin erfährt im Moment seines Eintauchens eine Aenderung, durch die es beträchtlich an Negativität zunimmt; allein diese Negativität mindert sich fortgehends mit der Zeit ¹⁾. So unwahrscheinlich diese Annahme erscheinen mag, so weiß ich doch den nachfolgenden Thatsachen keine andere Deutung zu geben; und gewiß ist wenigstens, daß alle

1) In meiner Abhandlung in diesen Annalen, Bd. XXXII S. 508, hatte ich aus dem positiven Verhalten des Platins gegen Gold in salpetersaurer Silberlösung, so wie daraus, daß erst eingetauchtes Platin sich positiv gegen später zugetauchtes in dieser Lösung verhält, geschlossen, daß die Veränderung des Platins in dieser Flüssigkeit positiver Natur sey. Inzwischen kann man aus ersterem Umstande keinen Beweis ziehen, so lange nicht die Veränderungen des Goldes in dieser Flüssigkeit für sich untersucht sind; und letzterer Umstand erklärt sich im Zusammenhange mit den übrigen, im Folgenden mitzutheilenden Versuchen richtiger durch die Abnahme der anfänglichen negativen Veränderung. Wenn übrigens in dieser Abhandlung fast bloß von Aenderungen die Rede ist, die sich vom Anfange an mindern, so darf man hierin nicht etwas Allgemeines suchen. Vielmehr kann man, namentlich in nicht zu concentrirten Flüssigkeiten, in unzähligen Fällen das Wachsen der Veränderungen in der anfänglichen Richtung durch ähnliche als obige Versuche sehr gut verfolgen.

übrigen Erklärungsweisen, die man bei solchen Fällen anzuwenden pflegt, eben so viel dabei unerklärt lassen.

a) Wenn man Platin, in starker salpetersaurer Silberlösung stehend, mit seinem vorragenden Ende an dem kupfernen oder silbernen Condensator mit Hülfe eines feuchten Zwischenblättchens entladet (während auch die obere Condensatorplatte durch ein solches Blättchen mit dem Boden communicirt), so wird der Condensator lebhaft positiv geladen, was eine negative Aenderung des in der Flüssigkeit befindlichen Theils voraussetzt. (Eben so verhält sich Silber bei directer Anbringung am silbernen Condensator). Auch in 32facher Verdünnung war das angegebene Verhalten des Platins noch sehr merkbar.

b) Wenn man zwei Platinplatten, die eine in ein Gefäß mit destillirtem Wasser, die andere in ein Gefäß mit starker salpetersaurer Silberlösung stellt, welche durch einen, halb mit Silberauflösung, halb mit destillirtem Wasser genetzten Papierstreifen communiciren, so verhält sich das Platin in der Silberauflösung als das negative Metall. Es bestätigt sich dies, auch wenn man die Platten, neu gereinigt, wechselt, was überhaupt nie bei Versuchen dieser Art zu übergehen, damit nicht ein ursprünglicher Mangel an Homogenität der Metalle Einfluß gewinne. Die Reinigung des Platins geschah hier, wie bei allen Versuchen dieser Abhandlung, stets so, dafs es erst abgetrocknet, dann mit Sandpapier (Glaspapier, Rostpapier), was mit destillirtem Wasser genetzt war, dann noch mit trockenem Sandpapier bestens abgescheuert wurde.

c) Läßt man eine Platinplatte kürzere oder längere Zeit (1 Min. bis mehre Stunden) in starker Lösung eingetaucht, und taucht dann eine zweite hinzu, so verhält sich die erste stets positiv, was entweder auf eine wachsende positive oder eine abnehmende negative Aenderung des Platins in der Flüssigkeit deutet. Die vorigen

Versuche haben die Negativität der Aenderung gezeigt, die folgenden werden ihre Abnahme darthun.

d) Man tauche eine Platinplatte und eine Eisenplatte in starke Lösung gleichzeitig mit Schliessung ein, und beobachte die Anfangskraft durch die Methode der Oscillationen oder der Ablenkungen. Man wird finden, dass diese Kraft vom Anfange an rasch abnimmt. Dass nun diese Abnahme nicht von der Schliessung abhängig sey, ergibt sich aus den folgenden Versuchen.

e) Hat man das Platin längere Zeit in der Flüssigkeit stehen lassen, ehe man das Eisen mit Schliessung dazu taucht, so ist die Anfangskraft gleich anfangs beträchtlich geringer, als bei gleichzeitigem Eintauchen und Schliessens, die Abnahme aber langsamer. Hier von mehreren Wiederholungen einige Beispiele:

Bei gleichzeitigem Eintauchen und Schliessens von Eisen und Platin waren Folgendes die Zeiten der successiven zwei Oscillationen vom Anfange an:

57, 61, 64,5, 68, 70, 72.

Als das Platin schon 5 Minuten in der Flüssigkeit gestanden, ehe das Eisen mit Schliessung dazu getaucht ward:

72, 73, 73, 74.

Als das Platin 13 Minuten in der Flüssigkeit gestanden, ehe das Eisen dazu geschlossen ward:

79, 79.

Um jeden Verdacht zu begegnen, dass die vorgängige Schliessung bei einem früheren dieser Versuche auf das Resultat des späteren Versuches influirt hätte, war das Platin nicht (um etwa Zeit zu sparen) von einem dieser Versuche zum andern in der Flüssigkeit gelassen, sondern nach jedem Versuche herausgezogen, neu auf angegebene Art gereinigt und die angegebene Zeit abgewartet worden, bevor das frisch abgefeilte Eisen zgetaucht wurde.

Bei einer anderen Versuchsreihe mit anderen Eisen- und Platin-Platten war die Zeit der zwei Anfangs-Oscillationen, wenn beide Platten zugleich mit Schließung eingetaucht wurden, 52, wiederum mit folgender rascher Verlangsamung. Wenn aber das Platin schon 20 Min. in der Flüssigkeit gestanden hatte, ehe das Eisen mit Schließung dazu getaucht wurde, 81, wonach auch die noch beobachteten folgenden vier Oscillationen zu je 2 in 81 Zeittheilen vollbracht wurden.

Bei noch einer anderen Versuchsreihe, wo statt Oscillationen Ablenkungen angewandt wurden, betrug die erste Ausweichung, wenn Platin und Eisen zugleich mit Schließung eingetaucht wurden: 163° mit dem Rückgang auf 8° derselben Seite. War aber das Platin 5 Min. eingetaucht, ehe das Eisen mit Schließung dazu getaucht ward, Llofs 82° mit dem Rückgang auf 20° .

Noch ein anderes Mal ward die Kraft beobachtet, welche 5 Minuten nach gleichzeitigem Eintauchen und Schließen beider Platten stattfand, und beträchtlich größer gefunden, als die *Anfangskraft*, welche sich zeigte, wenn das Eisen zum Platin mit Schließung getaucht ward, nachdem letzteres schon eine halbe Stunde in der Flüssigkeit gestanden.

Läfst man Eisen und Platin, *beide* längere Zeit in der Flüssigkeit stehen, bevor man sie schließt, so findet man eben so eine sehr geringe Anfangskraft, als wenn man das Platin allein längere Zeit darin hätte stehen lassen, und diese geringe Kraft bleibt wenigstens mehrere Oscillationen durch (so lange habe ich sie nur verfolgt) constant. Hat man dagegen das Eisen allein lange Zeit in der Flüssigkeit stehen lassen, ehe man das Platin mit Schließung dazu taucht, so ist die Anfangskraft, durch die zwei ersten Oscillationen gemessen, so wenig verschieden von der, welche man erhält, wenn man Platin und Eisen gleichzeitig mit Schließung eintaucht, dafs die Verschiedenheit innerhalb der engen Gränzen fällt, wel-

che Wiederholung selbst derselben Versuche nach neuer Reinigung der Platten darbietet, und die Kraft mindert sich ebenfalls rasch.

f) Hat man Platin mit Eisen längere Zeit in starker Lösung geschlossen stehen lassen, so dafs die Kraft nur noch sehr gering ist, so erfolgt keine in Betracht kommende Wiederherstellung der Kraft, wenn man die Eisenplatte in der Flüssigkeit bewegt, wofern nur möglichst ein Anwogen an der Platinplatte vermieden wird; eben so wenig, wenn man die Eisenplatte herauszieht, und nach neuem Abfeilen wieder eintaucht ¹⁾; dagegen starke Bewegung der Platinplatte in der Flüssigkeit immer eine partielle, und Herausziehen und Erneuerung der Oberfläche *ungefähr* die volle Wiederherstellung der ursprünglichen Kraft mit sich bringt. (Kleine Unterschiede bei Wiederholung desselben Versuchs erlauben nicht, das Resultat ganz scharf auszusprechen.) Zieht man die Platinplatte heraus, spült sie in destillirtem Wasser ab, trocknet sie über heißen Kohlen und taucht sie nach dem Erkalten wieder zum Eisen hinzu, so verhält sie sich sogar positiver als das Eisen. Doch ist letzterer Versuch nur ein Mal angestellt.

10) Die Veränderung, welche die salpetersaure Silberlösung am Platin hervorbringt, ist keinesweges eine besondere Eigenthümlichkeit dieser Flüssigkeit; vielmehr zeigt sich durch ähnliche Versuche, als die angeführten, das Platin überhaupt durch die verschiedensten Flüssigkeiten elektro-chemischer Veränderungen fähig, die oft sehr auffallend sind; und ganz besonders stark ist diejenige, welche es durch Salpetersäure erleidet, die man gewöhnlich als ein Reinigungsmittel des Platins ansieht. Blofs beiläufig und andeutungsweise, da diese Abhand-

1) Eine unbedeutende, schnell wieder verschwindende, Erhöhung bemerkte ich allerdings öfters, andere Male indess auch wieder das Gegentheil.

lung nicht bestimmt ist, den Gegenstand auszuführen, mögen folgende Versuche darüber hier Platz finden.

Eine Platinplatte *a* wurde 4 Minuten in rectificirter Salpetersäure von 1,280 spec. Gew. stehen gelassen, dann herausgenommen, mit weißem Löschpapier erst abgetrocknet, dann auf das Stärkste mit trockenem Löschpapier abgerieben. Darauf ward sie mit einer anderen, sonst ihr homogenen Platinplatte *b*, deren Oberfläche durch nasses und trocknes Reiben mit Sandpapier völlig erneuert war, durch gleichzeitiges Eintauchen in Kochsalzlösung mittelst meines längsten Multipligators geschlossen. Es erfolgte ein Ausschlag von $+147^{\circ},5$, welcher die Negativität der mit Salpetersäure behandelt gewesenen Platte anzeigte. Die Gränze des Rückganges der Nadel war $-5^{\circ},5$. Der Versuch ward jetzt so wiederholt, dafs die Platte *a*, nachdem sie neu mit Sandpapier gescheuert, wieder 4 Minuten mit der Salpetersäure in Berührung gelassen, dann abgetrocknet, und stark mit Löschpapier abgerieben worden war, noch überdies 1 Minute lang in destillirtem Wasser hin- und herbewegt, und dann abermals mit Löschpapier getrocknet und stark abgerieben wurde, bevor sie mit der, auf's Neue mit Sandpapier abgescheuerten, Platte *b* in Kochsalzlösung geschlossen wurde. Die Gränzen des ersten Hin- und Rückganges waren jetzt $+145^{\circ},5$; $-41^{\circ},5$; so dafs wiederum *a* als negativ erschien. Beide Platten wurden jetzt mit destillirtem Wasser gespült, abgetrocknet, ihre Oberfläche durch sorgfältigstes Abscheuern mit Sandpapier erneuert, und dann der vorige Versuch mit seiner ganzen Procedur des 4 Minuten langen Eintauchens u. s. f. wiederholt, aber mit verwechselten Platten, um jeden Verdacht auszuschliessen, dafs Mangel an eigenthümlicher Homogenität der Platten den Erfolg bedingt habe; der Ausschlag zu Gunsten der Negativität der Platte *b* war jetzt $+157,5$, mit dem Rückgang auf $-27,5$.

Um endlich für beide Platten alles möglichst gleich

zu machen, habe ich zu einer ganz andern Zeit den Versuch in Salpetersäure von derselben Beschaffenheit, bloß mit folgenden Abänderungen wiederholt. Die eine Platte blieb bloß 3 Minuten in der Säure eingetaucht, sie wurde nachher, wie oben, abgetrocknet, stark mit Löschpapier abgerieben und *zugleich mit der andern*, mit Sandpapier zuvor gereinigten, Platte 1 Minute lang in destillirtem Wasser bewegt, dann beide abgetrocknet und in Kochsalzlösung geschlossen. Der Ausschlag zu Gunsten der mit Salpetersäure behandelten Platte war das eine Mal +122 mit dem Rückgang auf -106; und noch 7 bis 8 Minuten nachher betrug die Ablenkung ungefähr 6°. Bei Wiederholung des Versuchs mit verwechselten (zuvor neu gereinigten) Platten schlug die Nadel wieder zu Gunsten der Negativität der mit Salpetersäure behandelten Platte so weit aus, daß sie sich im Kreise nach dieser Richtung fort drehte, ungeachtet sie vorher merklich still gestanden; ein Umstand, den ich nicht zu erklären weiß, da 180° das Maximum des ersten Ausschlags scheint seyn zu müssen. Um 5 Minuten nach der Schließung stand die Nadel noch auf 7°,5.

Zu diesen Resultaten füge man folgende: Das Platin in derselben rectificirten Salpetersäure theilt dem Condensator sehr lebhaft positive Elektrizität mit, was für die negative Veränderung des in der Flüssigkeit stehenden Theils spricht. Herausgenommen, vollkommen mit Löschpapier abgetrocknet, und an dem Theile gefaßt, welcher mit der Säure in Berührung war, während der andere am Condensator angebracht wird, entsteht immer noch ein ziemlich lebhafter positiver Ausschlag. Selbst dann ist dieser noch deutlich genug, obschon an Stärke sehr vermindert, wenn man die genetzt gewesene Stelle mit dem Löschpapier so stark als möglich abgerieben. Spült man aber die Stelle in destillirtem Wasser ab, so zeigt der Condensator nichts mehr deutlich. Indefs hat uns der viel empfindlichere Multiplicator gelehrt, daß

selbst jetzt die Veränderung noch nicht vollständig aufgehoben ist. — Auch in rectificirter Salzsäure (von 1,140 spec. Gew.) und rectificirter Schwefelsäure (von 1,580) ladete das Platin den Condensator positiv, und nach Herausnahme und Abtrocknen bestand dieser Ausschlag ebenfalls fort, wenn das Platin an der genetzt gewesenen Stelle gefasst wurde.

Versuche mit ungleichzeitigem Eintauchen beweisen ebenfalls, wie verschieden das Platin durch verschiedene Flüssigkeiten afficirt werden kann. So fand ich bei 3 Minuten Zwischenzeit des Eintauchens stets das erst eingetauchte Platin negativ gegen das zweite in den genannten drei rectificirten, so wie auch noch stärkeren käuflichen Säuren, in Aetzkalklösung (1 Th. in 3 Th. Wasser), in Kochsalzlösung, Bleizuckerlösung, Brunnenwasser; dagegen positiv in salpetersaurer Silberlösung, Schwefelleberlösung, wässriger schwefliger Säure, Kupfervitriollösung.

Der erste Ausschlag in der rectificirten Salzsäure betrug (im Mittel zweier Versuche mit verwechselten Platten) $+21^{\circ},5$ mit dem Rückgang auf -3° ; in der rectificirten Schwefelsäure $+83^{\circ}$, mit dem Rückgang auf -38° ; in der rectificirten Salpetersäure bei zuerst eingetauchter Platte *a* $+148^{\circ},5$ mit dem Rückgang auf $-87^{\circ},5$. Bei zuerst eingetauchter Platte *b* drehte sich die Nadel beim ersten Ausschlage sogar wieder im Kreise.

Man wird nach so auffallenden Beispielen von Veränderungen, welche die Metalle durch stark angreifende Flüssigkeiten erfahren, unstreitig zugeben, das Veränderungen dieser Art bei der berühmten Becquerel'schen Kette nicht einflusslos seyn können. Die Wirksamkeit dieser Kette wird gewöhnlich von der Wirkung des Kali auf die Salpetersäure abgeleitet, und es ist unzweifelhaft, wie ich mich, frühere Versuche von Nobili und Becquerel bestätigend, überzeugt habe, das, unabhängig von aller Berührung mit Metallen, hiedurch wirklich ein Strom

entsteht. Allein eben so entscheidend läßt sich darthun, dafs es bei der Becquerel'schen Anordnung in der That nicht dieser Strom ist, sondern der durch die Berührung und, wie ich glaube, Veränderung der Metalle von Seiten der heterogenen Flüssigkeiten erweckt wird, von welchem die Hauptwirkung ausgeht. Es ist indess hier nicht der Ort, ausführlich davon zu handeln; ich kehre vielmehr nach dieser Abschweifung zur salpetersauren Silberlösung zurück.

11) Der negative Zustand, welchen das Eisen unmittelbar beim Eintauchen in starker Lösung erhält, ändert sich nachher nur noch wenig; indess lehren die Versuche, dafs er einige Momente nach dem Eintauchen noch zunimmt, nachher allmählig und sehr wenig abnimmt.

Mit Oscillationsversuchen kann man diese Umstände nicht nachweisen, weil schon während der ersten zwei Oscillationen die Abnahme wieder beginnt, auch die ganze Kraft zu schwach ist. Indess geht die angegebene Thatsache aus folgenden Umständen hervor.

Ungeachtet die bedeutende Negativität des Eisens in salpetersaurer Silberlösung durch Versuche mit dem Condensator und auf andere Weise zur Genüge dargethan wird, so erhält man doch, wenn man Eisen in starke Lösung eintaucht und später Eisen dazu schließt, immer nur einen geringen Ausschlag durch das ungleichzeitige Eintauchen, in welcher Zwischenzeit (15 Secunden bis 21 Stunden) nach der ersten auch die zweite Platte eingetaucht werden mag; ein Beweis, dafs die zweite Platte im Moment des Eintauchens schon fast eben so stark verändert wird, als die erste. Inzwischen zeigt dieser Ausschlag stets eine Negativität der erst eingetauchten Platte an, also kann die Negativität im Moment des Eintauchens doch nicht auf das volle Maximum kommen. Hat man die erste Platte lange Zeit (bei einem Versuche 21 Stunden, bei einem anderen 25 Minuten, bei ei-

nem dritten mit verwechselten Platten 53 Min.) eingetaucht gelassen, ehe man die zweite dazu taucht, so erfolgt nach einer Bewegung von wenigen Graden, welche der Negativität der erst eingetauchten Platte entspricht, oder auch nur einem kleinen Ruck auf diese Seite, sofort eine Umkehrung der Nadel auf die entgegengesetzte Seite, und die Kraft fährt dann fort nach dieser Seite zu wachsen (was ich respectiv durch 5 bis 15 Min. bei verschiedenen Versuchen verfolgt habe). Läßt man die erste Platte kürzere Zeit eingetaucht, bevor man die zweite Platte dazu taucht, so findet man bei vergleichenden Versuchen mit jedesmal erneuerter Oberfläche der Platten, daß der erste Ausschlag, obwohl immer nicht bedeutend, doch um so beträchtlicher ist, je früher (bis zu $\frac{1}{4}$ Min.) nach der ersten Platte man die zweite hinzutaucht. So betrug er, bei einer Zwischenzeit von $\frac{1}{4}$ Min. $15^{\circ} \frac{1}{2}$, bei 1 Min. $9^{\circ} \frac{1}{2}$, bei 2 Min. $7^{\circ} \frac{1}{2}$, bei 53 Min. noch keinen ganzen Grad, wonach sofort Umkehrung der Nadel erfolgte. Bei Wiederholung mit verwechselten Platten betrug der erste Ausschlag bei einer Zwischenzeit von 21 Stunden 3° , wonach sofort Umkehrung eintrat. Diese Versuche sind inzwischen bloß mit zwei Platten ange stellt, und es wäre möglich, daß bei manchen Eisen sorten eine längere Zwischenzeit des Eintauchens oder etwas andere Beschaffenheit im Neutralitätszustande der Lösung sogleich einen positiven Ausschlag für die erst eingetauchte Platte mit sich brächte. In der That kann man nicht vorsichtig genug seyn, Resultate dieser Art zu verallgemeinern, bevor man sie unter mehrfachen Um ständen geprüft. Stellt man Versuche dieser Art in Ver dünnungen an, in welchen sich das Eisen nicht schwärzt, so findet man, daß für gleiche Zwischenzeit des Eintauchens ein viel stärkerer anfänglicher Ausschlag in der verdünnten, als in der starken Lösung erhalten wird, was bestätigend für den Umstand ist, daß in starker Lösung

die Veränderung sehr schnell erfolgt. Der Versuch wurde bei 1 bis 3 Min. Zwischenzeit in 32facher Verdünnung mit denselben (hier blank bleibenden) Platten, als in der starken Lösung angestellt.

Verbindet man ein, mit starker Lösung, und ein, mit destillirtem Wasser gefülltes, mit einem Papierstreifen, der halb mit jener Lösung, halb mit Wasser genetzt ist, und taucht in das eine Gefäß eine Eisenplatte, in das andere eine Platinplatte, so ist immer das Metall negativ, welches in der Silberlösung steht; sey es Eisen oder Platin; letzteren Falls jedoch beträchtlich stärker, als ersteren Falls.

Schliesslich noch folgende Bemerkung: Man wird im Vorigen gesehen haben, wie Versuche über das ungleichzeitige Eintauchen homogener Metalle bei Combination mit anderen Versuchen nützliche Fingerzeige und Bestätigungen für das elektro-chemische Verhältniß der Flüssigkeiten zu den Metallen liefern können. Für sich allein angestellt, begründen sie gar keinen bestimmten Schluss, und man kann, wenn man blofs bei ihnen stehen bleiben will, die größten Anomalien wahrzunehmen glauben, die sich doch bei Combination mit anderen Versuchen sehr wohl wechselseitig mit diesem aufklären. In verdünnten Flüssigkeiten ist oft der Ausschlag entgegengesetzt, als in concentrirten, und oft kehrt sich, namentlich in jenen, der erste Ausschlag sogar um. In nicht seltenen Fällen ist der Ausschlag entgegengesetzt, je nachdem man kürzere oder längere Zeit zwischen dem Eintauchen der ersten und Zutauchen der zweiten Platte verfließen läßt, und diese Resultate sind, unter Beibehaltung derselben Umstände, auch bei Versuchen mit verwechselten Platten, durchaus constant. Dieselbe Flüssigkeit äußert ferner dabei auf die verschiedenen Metalle den verschiedensten Einfluß; wie denn z. B. in Kochsalzlösung bei 3 Min. Zwischenzeit das erst ein-

getauchte Metall negativ ist bei Platin, Silber, Zinn, Blei; positiv bei Kupfer, Eisen, Antimon, bei destillirtem Zink endlich aus positiv in negativ umschlagend u. s. f.

Ich übergehe hier weitere Details; indess schien es mir nützlich, dies hier vorläufig über diesen Gegenstand anzuführen, damit man nicht in der Zeitdifferenz des Eintauchens einen Einfluss suche, der an sich nach einer bestimmten Richtung wirkt. Alles kommt darauf an, wie die Veränderungen der Metalle durch die Flüssigkeiten sich im Moment des Eintauchens gestalten, und nach welcher Richtung sie von da fortschreiten. So weit meine bisherigen Versuche reichen, zeigt der Umstand, daß das erst eingetauchte Metall z. B. positiv wird, stets einen von folgenden beiden Fällen an: entweder die Flüssigkeit ändert das Metall positiv, und diese Aenderung nimmt vom Moment des Eintauchens an zu, oder sie ändert das Metall negativ, und diese Aenderung nimmt vom Moment des Eintauchens an ab. Welcher von beiden Fällen stattfindet, läßt sich dann leicht durch Hinzufügung von Versuchen mit dem Condensator und mit Ketten, wo das Metall mit der betreffenden Flüssigkeit und destillirtem Wasser zugleich combinirt wird, entscheiden. Inzwischen, obschon meine bisherigen Versuche mir keinen Ausnahmefall von diesen Beziehungen gezeigt haben, sind sie doch noch nicht vervielfältigt genug, um diese Beziehungen schon jetzt als vollkommen und allgemein gesichert festzustellen.

II. *Zwölfte Reihe von Experimental-Untersuchungen über Elektrizität;*
von Michael Faraday.

(Aus den *Phil. Transact. f. 1838 pl. I.* vom Hrn. Verfasser mitgetheilt.)

§. 18. Von der Vertheilung. (Fortsetzung.)

1318. **M**einem Versprechen gemäß schreite ich nun dazu, die von mir aufgestellte Vertheilungstheorie (1165. 1295 u. s. w.) durch die großen Thatsachen der Elektrizitätslehre zu prüfen. Das Princip der Vertheilung ist so universell, daß es alle elektrischen Erscheinungen durchdringt; allein der allgemeine Fall, den ich jetzt vornehmen will, besteht in der bis zur Entladung gehenden und mit ihr endigenden Isolation, nebst den begleitenden Erscheinungen. Dieser Fall schließt die verschiedenen Arten der Entladungen ein, so wie auch den Zustand und die Charaktere eines Stromes; die Elemente der magnetischen Action unter letzteren mitbegriffen. Wiewohl diese Abhandlungen nur experimentelle Untersuchungen geben sollen, so werde ich doch manchmal in die Nothwendigkeit versetzt werden, theoretisiren und selbst hypothetisiren zu müssen. Indefs hoffe ich, daß ich, in Betracht der Thatsachen und Versuche, die in der letzten Abhandlung zur Stütze der von mir aufgestellten Theorie enthalten sind, mir nicht zu viel erlaube oder mich nicht zu weit vom Charakter dieser Abhandlungen entferne, zumal ich jede sich mir darbietende Gelegenheit benutzen werde, um zum Experimente, dieser strengen Probe der Wahrheit, zurückzukehren.

1319. Bis jetzt wurde in diesen Aufsätzen die *Vertheilung* nur in Fällen von *Isolation* betrachtet. Der *Isolation* gegenüber steht die *Entladung*. Der Vorgang

oder Erfolg, welcher durch den allgemeinen Ausdruck *Entladung* bezeichnet wird, kann, so weit wir gegenwärtig wissen, auf verschiedene Weisen geschehen. So begreift das, was wir *Leitung* nennen, keinen chemischen Prozeß und, wie es scheint, auch keine Verschiebung der Theilchen. Eine zweite Art kann *elektrolytische Entladung* genannt werden; bei dieser findet ein chemischer Prozeß statt, und die Theilchen müssen, in gewissem Grade verschoben werden. Eine dritte Art, nämlich die in Funken und Lichtbüscheln (*brushes*, wörtlich: *Bürsten*) kann, wegen der heftigen Verrückungen der Theilchen des im Wege liegenden di-elektrischen Körpers, *zerreißende Entladung* (*disruptive discharge*) genannt werden. Eine vierte endlich ließe sich vielleicht einstweilen ganz passend durch die Benennungen: *Fortführung* oder *fortführende Entladung* (*convection* oder *carrying discharge*) unterscheiden, nämlich die, bei welcher die Entladung durch die fortführende Kraft (*carrying power*) der Theilchen von starren, flüssigen oder gasigen Körpern bewirkt wird. Künftig mögen vielleicht alle diese Arten als Wirkungen einer und derselben Ursache erscheinen, allein für jetzt erfordern sie eine gesonderte Betrachtung. Zunächst will ich von der *ersten* Art sprechen, denn unter allen Formen von Entladung scheint die, welche wir *Leitung* nennen, die einfachste und mit der Isolation am meisten in Contrast stehende zu seyn.

VII. Leitung oder Leitungs-Entladung.

1320. Obwohl Isolation und Leitung als wesentlich verschieden angenommen werden, so hat doch weder Cavendish noch Poisson durch seine Theorie zu erklären oder in derselben auch nur anzugeben versucht, worin der wesentliche Unterschied beider bestehe. Auch ich habe in dieser Hinsicht nichts zu bieten, *ausgenommen*, dafs, nach meiner Theorie von der Vertheilung, sowohl diese als die Leitung von derselben Mole-

cular-Action des betreffenden di-elektrischen Mittels abhängt, beide nur äusserste Grade eines *gemeinsamen Zustands* oder Effects sind, und in jeder genügenden mathematischen Theorie als Fälle gleicher Art betrachtet werden müssen. Hieraus erhellt, wie wichtig bei unserer Theorie das Bestreben sey, den Zusammenhang zwischen ihnen nachzuweisen.

1321. Obgleich bei der Leidner Flasche die Wirkung des isolirenden Mittels sehr verschieden zu seyn scheint von der des entladenden Drahts, so können sie doch verknüpft werden durch viele Zwischenglieder, die uns von der einen zur andern führen, und, glaube ich, keinen nothwendigen Zusammenhang fehlen lassen.

1322. Wallrath ergab sich bei der Untersuchung als ein di-elektrisches Mittel, durch welches hin eine Vertheilung stattfinden kann (1240. 1246); sein specifisches Vertheilungsvermögen fanden wir ungefähr oder etwas über 1,8 (1279) und seine vertheilende Wirkung wurde wie in allen andern Substanzen, als eine Wirkung angrenzender Theilchen betrachtet.

1323. Allein Wallrath ist auch ein *Leiter*, obgleich in so schwachem Grade, dafs wir den Prozeß der Leitung Schritt für Schritt durch seine Masse verfolgen können (1247), und selbst wenn die elektrische Kraft eine gewisse Strecke derselben durchwandert hat, können wir durch Entfernung der Zwangskraft (welche zugleich die Vertheilungskraft ist) bemerken, dafs sie in ihrem Gange umkehrt und wieder an der früheren Stelle erscheint (1245. 1246). Hier scheint die Vertheilung eine nothwendige Vorläuferin der Leitung zu seyn. Sie versetzt von selbst die angrenzenden Theilchen des di-elektrischen Körpers in einen gewissen Zustand, welcher, wenn er von denselben festgehalten wird, die *Isolation* ausmacht, wenn er aber durch Mittheilung von Kraft von einem Theilchen zum andern, geschwächt wird, die *Leitung* darstellt.

1324. *Glas* und *Schellack* zeigen dieselbe Fähig-

keit, entweder Vertheilung oder Leitung durch sich hin zu gestatten (1233. 1239. 1247), allein nicht in demselben Grade. Die Leitung verschwindet fast (1239. 1242); die Vertheilung d. h. der Polarisationszustand, in welchen die Vertheilungskraft die an einander grenzenden Theilchen versetzt hat, wird also Stand halten, es findet nur eine geringe Ladung zwischen ihnen statt und daher ist die *Isolation* andauernd. Allein was hier Entladung ist, erscheint als eine Folge des Zustandes, in welchen die Theilchen durch die Vertheilung versetzt sind; und so nach sind die gewöhnliche *Isolation* und Leitung eng mit einander verknüpft oder vielmehr äusserste Fälle eines gemeinsamen Zustandes.

1325. An Eis oder Wasser haben wir einen besseren Leiter als Wallrath, und die Erscheinungen der Vertheilung und *Isolation* verschwinden daher schnell, weil Leitung schnell auf die Annahme des Vertheilungszustandes folgt. Versieht man indess eine Platte kalten Eises auf beiden Seiten mit metallischen Belegen, verbindet den einen mit einer guten Elektrisirmaschine, und den andern mit dem Boden, so lassen sich die Erscheinungen der Vertheilung leicht beobachten, durch die elektrische Spannung die an beiden Belegen erhalten und unterhalten werden kann (419. 426). Denn obwohl der Kraft-Antheil welcher in einem Moment die Theilchen in den Vertheilungszustand versetzt, im nächsten durch die von der Leitung bewirkte Entladung geschwächt wird, so folgt ihm doch sogleich ein anderer Krafttheil aus der Maschine, der den Vertheilungszustand wieder herstellt. Wenn das Eis in Wasser verwandelt worden, läßt sich dieselbe Folge von Vorgängen eben so leicht nachweisen, sobald nur das Wasser destillirt worden und (wenn die Maschine nicht kräftig genug ist) eine Volta'sche Säule angewandt wird.

1326. Alle diese Betrachtungen prägten mir tief die Ueberzeugung ein, dafs *Isolation* und gewöhnliche

Leitung nicht füglich getrennt werden können, wenn wir in ihre Natur d. h. in das allgemeine Gesetz, welchem ihre Erscheinungen untergeordnet sind, eindringen wollen. Sie scheinen mir aus einer Wirkung an einander gränzender Theilchen zu bestehen, die von den bei der Elektricitäts-erregung entwickelten Kräften abhängt. Diese Kräfte bringen die Theilchen in einen Spannungs- oder Polaritätszustand, welcher beides, die *Vertheilung* und die *Isolation*, ausmacht. In diesem Zustand befindlich, haben die an einander gränzenden Theilchen ein Vermögen oder eine Fähigkeit, ihre Kräfte einander mitzutheilen; dadurch werden letztere geschwächt und es tritt Entladung ein. Alle Körper scheinen zu entladen (444), einige in *größerem*, andere in *geringerem* Grade, und dadurch werden sie bessere oder schlechtere Leiter, schlechtere oder bessere Isolatoren. *Vertheilung* und *Leitung* scheinen eins zu seyn in der Ursache und der Wirkung (1320), nur dafs bei der letzteren ein beiden gemeinsamer Effect aufs Höchste gesteigert ist, der bei der ersteren, selbst in den besten Fällen, nur in ganz unmerklichem Grade vorkommt.

1327. Dafs wir bei unseren Versuchen in die Natur der elektrischen Action einzudringen und allgemeinere Gesetze als die bisher bekannten abzuleiten, uns bestreben müssen widersprechende Erscheinungen in Einklang zu bringen, ist eine längst von den geschicktesten Physikern aufgestellte und sanctionirte Meinung. Ich hoffe daher entschuldigt zu seyn, wenn ich versuche, die höchsten Fälle von Leitung als analog oder selbst gleichartig mit denen der Vertheilung und Isolation anzusehen.

1328. Betrachten wir das schwache Eindringen der Elektricität in Schwefel (1241. 1242) oder Schellack (1234), oder die schwächere Isolation des Wallraths als wesentliche Folgen und Anzeigen ihres *Leitungsvermögens*, dann können wir den Widerstand, den Metalldrähte dem Durchgang der Elektricität darbieten, als *Iso-*

lationsvermögen ansehen. Unter den vielen wohlbekanntesten Fällen, welche diesen Widerstand in den sogenannten vollkommenen Leitern zu erweisen geeignet sind, passen die Versuche des Professors Wheatstone am besten für meinen Zweck, weil sie in so grossem Maassstabe ausgeführt sind, um darzuthun, dass *Zeit* ein Element zu den Bedingungen der Leitung sey, selbst in Metallen ¹). Als die Entladung durch einen 2640 Fufs langen und $\frac{1}{15}$ Zoll dicken Kupferdraht so bewerkstelligt ward, dass an beiden Enden und in der Mitte des Drahts die Funken an demselben Orte beobachtet werden konnten, zeigte sich der an der Mitte merklich später als die an den beiden Enden, die durch die Bedingungen des Versuchs gleichzeitig erscheinen mussten. Hier haben wir einen Beweis von Verzögerung, und aus welchem Grunde sollte diese Verzögerung nicht von gleicher Art seyn wie die in Wallrath, Schellack oder Schwefel? Da aber in diesen Körpern Verzögerung Isolation ist, und Isolation Vertheilung, warum sollen wir uns weigern dieselbe Beziehung für dieselben Kraft-Aeusserungen in den Metallen anzunehmen?

1329. Erfahrung lehrt, dass mit der *Zeit* der Widerstand (*retardation*) überwältigt wird, und beim Wallrath, Schellack und Glas gleiche Resultate erhalten werden. Man lasse nur *Zeit* im Verhältniss zum Widerstand (*retardation*) und dieser wird zuletzt besiegt. Wenn aber dem so ist und alle Resultate gleicher Art sind, der einzige Unterschied nur in der Länge der *Zeit* besteht; warum sollten wir denn den Metallen die vorausgehende Vertheilungs-Wirkung verweigern, die wir in allen andern Körpern annehmen? Die Verkürzung der *Zeit* ist keine Negation der Wirkung, auch nicht der niedrigere Grad von Spannung, der bei den Metallen, im Vergleich zum Durchgang der Kräfte erfordert wird. Diese Unterschiede würden blofs zu dem Schlusse

1) *Philosoph. Transact. f. 1834, p. 583. (Ann. Bd. XXXIV S. 464).*

führen, dafs, in den Metallen, die unter Vertheilung stehenden Theilchen ihre Kräfte schon bei einem geringen Grade von Spannung oder Polarität und mit gröfserer Leichtigkeit fortpflanzen können als in anderen Körpern.

1330. Betrachten wir Hrn. Wheatstone's schönen Versuch unter einem anderen Gesichtspunkt. Lassen wir die Vorrichtung an der Mitte und den beiden Enden des langen Kupferdrahts ungeändert, nehmen blofs die beiden dazwischen befindlichen Drahtlängen fort und ersetzen sie durch Drähte von Eisen oder Platin; wir werden dann eine weit gröfsere Verzögerung des mittleren Funken haben als früher: Noch bedeutender wird die Verzögerung, wenn wir statt des Eisendrahts einen eben so dicken Cylinder von Wasser auch nur von 5 bis 6 Fufs Länge einschalten. Gehen wir vom Wasser zum Wallrath über, entweder geradezu oder schrittweise durch andere Körper (selbst wenn wir das Volum bedeutend vergrößern, um das Auftreten von Funken anderswo als an den dazu bestimmten Stellen (1331) zu vermeiden), so haben wir eine noch stärkere Verzögerung, bis wir zuletzt, durch Stufen so klein, dafs sie untrennbar sind, zu einer wirklichen und dauernden Isolation gelangen. Was scheidet nun die Ursache beider Extreme, der vollkommenen Leitung und vollkommenen Isolation, von einander? So wie wir den geringsten Grad von Vollkommenheit des einen Extremes verlassen, schliessen wir das Element zur Vollkommenheit des andern ein. Ueberdies haben wir in der Natur weder bei dem einen noch dem anderen Extrem, weder bei der Isolation noch bei der Leitung, den Fall der Vollkommenheit.

1331. Kehren wir nochmals zu diesem schönen Versuch zurück, um ihn unter den verschiedenen Formen, die man ihm geben könnte, zu betrachten. Die Kräfte, nachdem sie die Leidner Flasche verlassen haben, sind während der ganzen Zeit (1328) nicht vollständig mit der Entladung beschäftigt; zum Theil werden sie zur

Vertheilung unter der bekannten Form, durch das umgebende Mittel hin, verwendet, und wenn Luft das dielektrische Mittel ist, findet vom Draht aus durch die Luft zu den umgebenden Leitern eine Vertheilung statt, so lange bis die Enden des Drahts, durch dessen Länge hin, in elektrische Beziehung getreten sind und Entladung erfolgt ist, d. h. die *Zeit* hindurch, während welcher der mittlere Funke hinter den beiden andern zurückbleibt. Diefs zeigt gut ein alter Versuch, bei welchem ein langer Draht so gebogen wird, dafs zwei Stellen desselben *a* und *b* Fig. 1. Taf. I. unweit seiner Enden ungefähr einen Viertel Zoll Abstand in der Luft bekommen. Sendet man die hinreichend starke Ladung einer Leidner Flasche durch einen solchen Draht, so wird bei weitem der grösste Theil der Elektrizität an dem Zwischenraum durch die Luft gehen, nicht durch das Metall. Wirkt nun hier nicht der mittlere Theil des Drahts, wiewohl er von Metall ist, wie ein isolirendes Mediums? und ist nicht der Funke durch die Luft eine Anzeige von Spannung (gleichzeitig mit *Vertheilung*) der Elektrizität an den Enden dieses einfachen Drahts? Warum sollte man nicht den Draht und die Luft beide als dielektrische Media und die Wirkung zu Anfange und während der Spannung als eine vertheilende betrachten können? Wenn sie durch die Krümmungen des Drahts wirken kann, so wirkt sie auch in krummen Linien durch die Luft (1219. 1224) und andere dielektrische Körper (1228); und es scheint wir können, wenn wir nur den Fall auf Vertheilungswirkung beschränken, sogar so weit gehen, dafs wir behaupten, unter den isolirenden dielektrischen Mitteln, leiten einige die Kraftlinien eben so von andern weg (1229), wie es der Draht thut von schlechten Leitern, obwohl der Haupt-Effect in demselben unzweifelhaft davon herrührt, dafs die Theilchen desselben, während sie in einem niederen Spannungszustand sind, leicht entladen. Die Verzögerung ist eine Zeitlang Isola-

tion; und es scheint mir, daß wir so weit es die ersten Vertheilungsphänomene betrifft, die Luft an dem Zwischenraum $a b$ (Fig. I. Taf. I.) mit dem Entladungsdraht vergleichen, und ungeachtet der Verschiedenartigkeit der zuletzt erfolgenden Entladung ¹⁾, als zwei Körper von gleicher Art und nach denselben Principien wirkend betrachten können, eben so als wir nach Coulomb's Untersuchungen ²⁾ verschiedene zu demselben Isolations-Effect erforderliche Längen von verschiedenen isolirenden Körpern mit einander vergleichen.

1332. Dieser Vergleich wird noch auffallender, wenn wir den Versuch von Harris betrachten, in welchem ein feiner Draht in einer mit verdünnter Luft erfüllten Glas-kugel ausgespannt ist ³⁾. Als er durch diese zusammengesetzte Vorrichtung von Metall und verdünnter Luft eine Ladung sandte, ging eben so viel, wenn nicht mehr Elektrizität durch die letztere als durch das erstere. In der Luft, verdünnt wie sie war, ging ohne Zweifel der Entladung eine Vertheilung voran (1284), und meiner Meinung nach zeigen alle Umstände an, daß dasselbe auch mit dem Metall der Fall war; daß in der That beide Media di-elektrisch waren, und in Folge der Wirkung aus gleichen Ursachen gleiche Effecte zeigten, der einzige Unterschied bei den angewandten Substanzen nur ein quantitativer war.

1333. Nach diesen Principien zu urtheilen, kann die Geschwindigkeit der Entladung bedeutend verändert werden, wenn man die Umstände beachtet, die bei der Entladung durch Wallrath oder Schwefel Veränderungen bewirken. So z. B. muß sie variiren mit der Spannung oder Intensität der ersten Treibkraft (*urging force*) (1234. 1240), und diese Spannung ist Ladung und Ver-

1) Diese wird späterhin (1348) betrachtet werden.

2) *Mém. de l'Acad.* 1785, p. 612 oder *Encyclop. Britan. Suppl.* Vol. I p. 611.

3) *Philosoph. Transact. f.* 1834, p. 242.

theilung. Wenn so, in Hrn. Wheatstone's Versuch, die beiden Enden des Drahts sogleich mit zwei großen isolirten und der Luft ausgesetzten Metallflächen verbunden würden, so daß der erste Act der Vertheilung, nach Vollziehung des Contacts für die Entladung, im ersten Augenblick zum Theil von der innern Portion des Drahts entfernt und für einen Augenblick auf seine gemeinschaftliche Oberfläche mit der Luft und den umgebenden Leitern verlegt würde, so wage ich voraus zu sagen, daß der mittlere Funken mehr als zuvor verzögert seyn werde. Und wenn diese beiden Metallflächen der innere und äußere Beleg einer großen Flasche oder Leidner Batterie wären, würde die Verzögerung dieses Funkens noch größer seyn.

1334. Cavendish war vielleicht der Erste, welcher deutlich zeigte, daß die Entladung nicht immer auf einem Wege geschieht, sondern, wenn mehr als einer vorhanden, auch auf mehren Wegen zugleich ¹). Wir können diese Wege aus verschiedenen Substanzen bilden; bei passenden Dicken und Längen, sogar von Substanzen wie Luft, Schellack, Wallrath, Wasser, Eisenoxydul, Eisen und Silber; können durch eine einzige Entladung machen, daß jede ihren Antheil Elektrizität fortführt. Vielleicht wäre die Luft auszunehmen, da ihre Entladung durch Leitung für jetzt zweifelhaft ist; allein alle übrigen können in ihrer Entladungsweise auf reine Leitung begränzt werden. Dennoch erfahren mehre von ihnen zuvor eine Vertheilung, genau wie die Vertheilung durch Luft, und diese ist eine nothwendige Vorläuferin ihrer entladenden Wirkung. Wie können wir demnach in den *Principien* und der *Art* der Isolation und Leitung einen dieser Körper von dem anderen trennen, anders als etwa dem Grade nach? Alle scheinen mir di-elektrisch zu seyn, und gleich zu wirken, nach denselben gemeinschaftlichen Gesetzen.

1335. Ein anderes Argument zu Gunsten der all-

1) *Phil. Transact.* 1776, p. 197.

gemeinen Gleichheit in Natur und Wirkung der guten und schlechten Leiter (und alle Körper halte ich für mehr oder weniger leitend) möchte ich ziehen aus dem Gleichgewicht in der Wirkung sehr verschiedener Körper, wenn sie, wie früher (213) beschrieben, einander in der magneto-elektrischen Action entgegen gestellt werden; doch ich wünsche mich so kurz zu fassen als es mit der klaren Untersuchung der wahrscheinlichen Wahrheit meiner Ansichten vereinbar ist.

1336. Ob die Gase ein Leitungsvermögen von der hier betrachteten einfachen Art besitzen ist sehr schwierig für jetzt zu entscheiden. Versuche scheinen anzuzeigen, daß sie gewisse niedrige Grade von Spannungen vollkommen isoliren, und daß die Effecte, welche durch *Leitung* scheinen veranlaßt zu seyn, aus der fortführenden Kraft (*carrying power*) der geladenen Theilchen der Luft oder des Staubes in ihnen entsprungen sind. Eben so gewiß ist jedoch, daß sie, bei höheren Graden von Ladung oder Spannung, entladen, und das ist Leitung. Wenn sie das Vermögen, eine Spannung von gewisser Schwäche zu isoliren anhaltend und vollkommen besitzen, so mag dies herrühren von ihrem eigenthümlichen Zustand und von der Trennung, in der sich ihre Theilchen befinden. Allein in diesem oder jedem anderen Fall dürfen wir nicht die schönen Versuche von *Cagniard de la Tour* vergessen, in welchen er gezeigt, daß Flüssigkeiten und deren Dämpfe allmählig in einander übergehen können bis zum gänzlichen Verschwinden jedes bestimmten Unterschiedes beider Zustände ¹). So können trockner Dampf und kaltes Wasser durch unmerkliche Abstufungen in einander übergehen; und doch ist jener ein Isolator und dieses ein verhältnißmäßig guter Leiter. Hinsichtlich des Leitvermögens ist also der Uebergang von den Metallen selbst bis zu den Gasen ein stufenweiser; die Substanzen bilden in dieser Bezie-

1) *Ann. de Chim. et Phys.* XXI. p. 127 et 178.

hung nur Eine Reihe, und die verschiedenen Fälle müssen unter Eine Bedingung und Ein Gesetz kommen. Die specifischen Unterschiede der Körper im Leitungsvermögen dienen nur dazu das allgemeine Argument zu verstärken, daß *Leitung*, wie *Isolation*, ein Resultat der *Vertheilung* ist, und aus einer Wirkung angränzender Theilchen besteht.

1337. Ich möchte nun noch die *Vertheilung* und ihre Begleiterin, die *Leitung*, in gemischten di-elektrischen Mitteln betrachten, z. B. in dem Fall, wo ein geladener Körper statt durch die Luft hin auf einen entfernten und isolirten Leiter zu wirken, gemeinschaftlich durch sie und einen dazwischen gestellten isolirten Leiter wirkt. In solch einem Fall sind die Luft und der Leiter gemischte di-elektrische Substanzen, und der Leiter nimmt in Masse einen ähnlichen Polarisationszustand an, wie meine Theorie für *jedes Theilchen* der Luft in derselben Zeit voraussetzt. Doch ich fürchte für jetzt zu weitschweifig zu werden, und schreite daher zur Betrachtung eines andern Gegenstandes.

1338. Um das Gesagte kurz zusammenzufassen, besteht, nach mir, die erste Wirkung eines erregten Körpers auf die benachbarten Substanzen in der Hervorbringung eines Polarisationszustandes ihrer Theilchen, und das ist die *Vertheilung*; sie entspringt aus der Wirkung auf die unmittelbar berührenden Theilchen, welche wiederum auf die anliegenden wirken und sofort die Kräfte in die Ferne forttragen. Bleibt die Vertheilung ungeschwächt, so erfolgt vollkommene Isolation, und je höher der Polarisationszustand ist, welchen die Theilchen erlangen oder unterhalten können, desto höher ist die Intensität, welche den wirkenden Kräften gegeben werden kann. Wenn dagegen die anliegenden Theilchen, nach Erlangung des Polarisationszustands, das Vermögen haben, ihre Kräfte mitzutheilen, so erfolgt *Leitung*, und die Spannung ist vermindert; *Leitung* ist ein besonderer Act

der Entladung zwischen benachbarten Theilchen. Je schwächer der Spannungszustand, bei welchem die Entladung zwischen den Theilchen eines Körpers stattfindet, ein desto besserer Leiter ist dieser Körper. Nach dieser Ansicht, kann man sagen, sind Isolatoren diejenigen Körper, deren Theilchen den Polarisationszustand festhalten können, Leiter dagegen solche, welche nicht bleibend polarisirt werden können. Irre ich mich nicht bei meiner Vertheilungstheorie, so ist die Reduction dieser beiden (so lange getrennt gehaltenen) Effecte auf eine Wirkung anliegender Theilchen und auf Ein gemeinschaftliches Gesetz ein sehr wichtiges Resultat, und andererseits ist die Identität des Charakters, welche beide durch Betrachtung nach meiner Theorie erlangen (1326), muthmaasslich ein neuer Beweis zu Gunsten der Richtigkeit dieser letzteren.

1339. Dafs Wärme einen grossen Einfluss auf die blofse Leitung ausübt, ist bekannt (445); in einigen Fällen verändert sie den Charakter der Körper gänzlich (432. 1340). Harris hat indess gezeigt, dafs sie auf die Gase oder wenigstens die Luft in keiner Beziehung wirkt ¹⁾, und Davy hat uns gelehrt, dafs bei einer Klasse, den Metallen, das Leitungsvermögen durch sie *verringert* wird ²⁾.

1340. Ich beschrieb früher eine Substanz, deren Leitungsvermögen durch Wärme *erhöht* wurde, nämlich *Schwefelsilber* (433. 437. 438). Seitdem habe ich eine andere gefunden, die sich eben so verhält; diefs ist *Fluorblei*. Als ein Stück dieser Substanz, das geschmolzen worden und erkaltet war, in den Kreis einer Volta'schen Batterie gebracht wurde, hemmte es den Strom. Als es

1) *Phil. Transact. f.* 1834 p. 230.

2) *Ibid. p.* 1821 p. 431.

erhitzt wurde, erlangte es, noch ehe es im Tageslicht sichtbar roth glühte, Leitungsvermögen, und während es noch starr war, konnten selbst Funken aus ihm gezogen werden. Der Strom allein steigerte dann die Temperatur desselben (wie beim Schwefelsilber) bis es schmolz, wo es dann eben so gut zu leiten schien als das Metallgefäß, welches dasselbe enthielt, denn es war kein Unterschied in der Stärke des Stroms zu erblicken, der zur Schließung der Batterie dienende Draht mochte das Fluorblei allein, oder das Platingefäß, worin es lag, berühren. Während der ganzen Zeit zeigte sich kaum eine Zersetzung am Fluorid, und diese Spur schien von der Luft und Feuchtigkeit der Atmosphäre herzuführen, nicht von elektrolytischer Action.

1341. Ich zweifle nun sehr wenig, daß es sich mit dem Quecksilberjod (414. 448. 691), und auch mit dem Quecksilberchlorid (692) eben so verhalte. Mit der Anstellung obiger Versuche bin ich auch geneigt zu glauben, daß die früher beobachtete und beschriebene Anomalie des *Antimonoxyds* (693. 801) zum Theil von derselben Ursache abzuleiten sey.

1342. Ich beabsichtige für jetzt nicht, in die eigenthümliche Beziehung zwischen Wärme und Elektrizität einzugehen, allein wir dürfen hoffen, künftig durch Versuche das Gesetz zu entdecken, welches wahrscheinlich alle obigen Erscheinungen, so wie die *Erregung* und *Vernichtung* der Wärme durch den Strom, und die auffallenden und schönen Resultate der Thermo-Elektricität im gemeinsamen Verband erhält.

VIII. Elektrolytische Entladung.

1343. Schon in einer früheren Abhandlung (1164) habe ich die Ansicht ausgesprochen, durch welche ich hoffe die gewöhnliche Vertheilung mit der Elektrolyse zu verknüpfen. Nach dieser Ansicht ist die Entladung elektrischer Kräfte durch Elektrolyse eher ein

Effect, der bei einer gewissen Klasse von Körpern, zu dem bereits beschriebenen, die Vertheilung und Isolation ausmachenden, hinzutritt, als ein von diesen Erscheinungen unabhängiger und verschiedener.

1344. Elektrolyte gehören, rücksichtlich ihrer leitenden und isolirenden Kräften zu der allgemeinen Kategorie der Körper (1320. 1334); und im Zustande der Starrheit (den sie fast alle annehmen können) halten sie ihre Stelle fest und bieten keine neue Erscheinung dar (426), oder, wenn es der Fall ist, in so geringem Grade, dafs es fast ganz ohne Belang ist. Im flüssigen Zustand gehören sie auch in dieselbe Klasse, so lange die elektrische Intensität unter einer gewissen Stufe bleibt; allein bei einer gegebenen, für jeden Elektrolyt bestimmten und für alle sehr schwachen Intensität, spielen sie eine neue Rolle, bewirken Entladung im Verhältnifs (783) zur Entwicklung gewisser chemischen Effecte von Verbindung und Zersetzung, und bei diesem Punkt treten sie aus der allgemeinen Klasse von Isolatoren und Conductoren, um eine eigenthümliche zu bilden. Die ersten Erscheinungen sind bereits betrachtet worden (1320. 1338); ich habe also nur noch die letzteren durchzusehen und als Beweis für die vorgeschlagene Vertheilungstheorie zu benutzen.

1345. Die Theorie nimmt an, dafs die Theilchen des *Dielectricum* (jetzt ein Elektrolyt) im ersten Augenblick durch die gewöhnliche Vertheilungswirkung in einen Polarisationszustand gebracht und bis zu einem gewissen Grad von Spannung oder Intensität gesteigert werden, bevor die Entladung anfängt. Der Vertheilungszustand ist in der That eine *nothwendige Vorläuferin* der Entladung. Benutzt man die geeigneten Umstände, so wird es nicht schwer halten die diesen Vertheilungszustand anzeigende Spannung zu erhöhen und so den Zustand selbst sichtbarer zu machen. Wenn z. B. destillirtes Wasser angewandt und eine lange schmale Portion des-

selben zwischen die Elektroden einer kräftigen Volta'schen Batterie gebracht wird, so bekommt man sogleich Anzeigen von der Intensität, welche an diesen Elektroden, vermöge der Vertheilungswirkung durch das Wasser, als di-elektrisches Mittel, sich erhalten kann, denn man kann Funken bekommen, Goldblätter zum divergiren bringen, und Leidner Flaschen laden. Das Wasser ist im Zustand des Wallraths (1322. 1323) ein schlechter Leiter und ein schlechter Isolator; es isolirt vermöge Vertheilung, und diese ist die Vorbereiterin und Vorläuferin der Entladung (1338).

1346. Die an den Enden der Wasserportion in Richtung des Stroms erscheinende Vertheilung und Spannung sind nur die Summen der Vertheilungen und Spannungen an den zwischen diesen Gränzen liegenden Punkten; und diese Begränzung der inductiven Spannung zeigt bis zu einem Grad (indem dabei jedesmal Zeit ein wichtiges Element des Resultats ist), dafs wenn die Theilchen einen gewissen relativen Zustand erlangt haben, eine *Entladung* oder eine der gewöhnlichen Leitung entsprechende Uebertragung der Kräfte stattfindet.

1347. Bei dem Vertheilungszustand, welchen das Wasser vor der Entladung annimmt, sind die polarisirten Theilchen Wassertheilchen, wenn Wasser als *Dielectricum* angewandt wird; allein die Entladung zwischen Theilchen und Theilchen ist nicht, wie zuvor, ein blofser Austausch ihrer Kräfte (*power or forces*) an den polaren Stellen, sondern eine wirkliche Zerfällung derselben in ihre Bestandtheile, wobei der Sauerstoff in einer Richtung fortwandert und seinen Betrag von der während der Polarisation erlangten Kraft mit sich führt, während der Wasserstoff dasselbe in entgegengesetzter Richtung thut, bis sie jeder das nächstliegende Theilchen, welches in gleichem Zustande ist wie das von ihnen verlassene, begegnen und durch Vereinigung ihrer Kräfte mit diesem dasjenige hervorbringen, was eine Entladung aus-

ausmacht. Dieser Theil der Wirkung kann als eine fortführende betrachtet werden (1319), ausgeübt durch die Bestandtheile des Dielectricums. Das letztere ist immer ein zusammengesetzter Körper (664. 823); und Diejenigen, welche über den Gegenstand nachgedacht, und mit den zuerst von Grotthufs ¹⁾ aufgestellten Ansichten der Ueberführung vertraut sind, werden leicht die Theilchen desselben vergleichen mit einer Reihe metallischer Leiter, die unter Vertheilung stehen und während sie sich in diesem Zustand befinden, in diese elementaren beweglichen Hälften theilbar sind.

1348. Die elektrolytische Entladung hängt nothwendig von der Nichtleitung des Dielectricums als Ganzes ab, und es giebt zwei Stufen oder Acte in dem Vorgang: erst eine Polarisirung der Theilchen des Körpers und dann eine Schwächung der Kräfte durch die Trennung, hierauf Vorrücken in entgegengesetzten Richtungen, und Wiedervereinigung der Elemente, welche, wie es scheint, die Hälften der ursprünglich polarisirten Leiter oder Theilchen sind.

1349. Diese Ansichten von der Zersetzung der Elemente und dem darauf folgenden Entladungs-Effect, welche, für den besonderen Fall, mit denen von Grotthufs (481) und Davy (482) eins sind, aber von denen Biot's (487), De la Rive's und Anderen abweichen, scheinen mir vollständig übereinzustimmen, nicht blofs mit der von mir über die Vertheilung im Allgemeinen gegebenen Theorie, sondern auch mit allen bekannten *Thatsachen* der gemeinen Vertheilung, Leitung und elektrolytischen Entladung, und in dieser Hinsicht befestigen² sie mich in dem Glauben an die Richtigkeit der aufgestellten Theorie. Die neue Art von Entladung, welche die Elektrolytisation darbietet, mufs sicherlich ein Beweis von der *Wirkung angränzender Theilchen* seyn; und da diese, wie es scheint, direct abhängt von einem

1) *Ann. de chim.* LVIII p. 60 und LXIII p. 20.

Poggendorff's Annal. Bd. XXXVII.

vorausgegangenen Vertheilungszustand, welcher einerlei ist mit der gemeinen Vertheilung, so verstärkt sie bedeutend das Argument, welches alle Fälle von Vertheilung ebenfalls auf eine Wirkung anliegender Theilchen zurückführt (1295).

1350. Zur Erläuterung des Zustandes der polarisirten Theilchen in einem unter Vertheilung stehenden dielektrischen Mittel will ich einen Versuch beschreiben. Man bringe in ein Glasgefäß etwas klares rectificirtes Terpenthinöl und stecke zwei Drähte hinein, die da, wo sie an der Oberfläche des Terpenthinöls sind, durch Glasröhren gehen, und entweder in Knöpfen oder Spitzen enden. Man schneide sehr saubere, trockne, weiße Seide in kleine Stückchen und bringe etwas davon auch in die Flüssigkeit. Dann elektrisire man einen der Drähte durch eine gewöhnliche Elektrisirmaschine und entlade durch den andern. Sogleich wird die Seide von allen Theilen der Flüssigkeit sich zusammenhäufen und von einem Draht zum andern einen Streifen bilden, der bei Berührung mit einem Glasstab eine bedeutende Zähigkeit zeigt; im Augenblick jedoch, wo der Zufluss von Elektrizität aufhört, fällt der Streifen aus einander und seine Theile zerstreuen sich. Die *Leitung* der Seide ist hiebei sehr gering; und nach der besten Untersuchung, die ich anstellen konnte, ist meine Ansicht: daß der Zusammenhang der Fasern durch die von jeder erlangten Polarität bedingt werde, genau so wie Eistheilchen zwischen den Polen eines Hufmagneten durch eine ähnliche Anordnung der Kräfte zusammengehalten werden. Die Seidetheilchen sind hier also ein Abbild von dem Zustand der Molecule in einem Dielectricum, welches ich als polar betrachte, gerade wie es die Seide ist. In allen Fällen von Leitungs-Entladung vermögen die an einander gränzenden polarisirten Theilchen des Körpers eine Neutralisation ihrer Kräfte mit größerer oder geringerer Leichtigkeit zu bewirken, wie es auch die Seide

in sehr geringem Grade thut. Weiter sind wir nicht im Stande die Parallele fortzuführen; es sey in der Einbildung; könnten wir indess jedes Seidetheilchen in zwei Hälften theilen, und jede Hälfte fortwandern lassen, bis sie eine Hälfte in einem entgegengesetzten Zustand träge und sich mit ihr vereinigte, so würde sie dann ihr Fortführungs-Vermögen (1347) ausüben und in so weit eine elektrolytische Entladung vorstellen.

1351. Angenommen die elektrolytische Entladung sey eine Folge vorausgegangener Vertheilung, — wie deutlich weisen nicht dann ihre zahlreichen Fälle auf eine Vertheilung in krummen Linien (1216), auf die divergirende oder laterale Wirkung der Linien der Vertheilungskraft (1231) hin, und verstärken so jenen Theil des allgemeinen Arguments in dem früheren Aufsatz! Wenn zwei Platinkugeln, welche die Elektroden einer Volta'schen Batterie bilden, in ein großes Gefäß mit verdünnter Schwefelsäure gestellt werden, so überzieht sich das Ganze der Oberflächen mit den respectiven Gasen in schön abgemessenen Verhältnissen, und ohne Schwierigkeit begreift man die Richtung der Entladungscurven, und selbst die Intensität der Kraft der verschiedenen Linien durch die an verschiedenen Stellen der Oberfläche entwickelte Gasmenge. Hier hat man die allgemeinen Effecte der Diffusion; das Auftreten der Anionen und Kathionen an den Ecken und den Rückseiten der Elektroden, wenn diese die Form von Platten haben; die Art, wie der Strom oder die Entladung allen auch wie unregelmäßigen Gestalten des Elektrolyten folgt. Hier auch die Erscheinungen, welche Nobili in seinen Aufsätzen über die Verbreitung der Ströme in leitenden Massen so schön untersucht und beschrieben hat ¹⁾. Alle diese Erscheinungen zeigen die Richtung der in den und durch die di-elektrischen Körper gehenden Ströme oder Entladungen an, und diesen *gehen* jedesmal entsprechende

1) *Biblioth. univers.* 1835, *LIX*, p. 263. 416.

Vertheilungswirkungen der an einander gränzenden Theilchen *vor*aus.

1352. Hieraus ergibt sich auch der Vortheil bei schwachen erregenden Kräften, die Masse der Elektrolyten zu vergrößern, das Zink von dem Kupfer umschließen zu lassen. — Alles steht in Uebereinstimmung mit der Vertheilungstheorie, welche ich zu untersuchen bemüht bin. Ich sehe bis jetzt keine Thatsache gegen sie.

1353. Es giebt viele Punkte in der *elektrolytischen Entladung*, welche noch eine genaue Untersuchung erfordern. Ich kann sie hier nur leicht berühren; indessen so weit ich sie untersucht habe, stehen sie nicht in Widerspruch mit der gefassten Ansicht (denn ich habe sorgfältig, wiewohl vergebens, nach solchen Fällen gesucht), und es ist nur Mangel an Zeit, der mich verhindert, sie hier näher zu betrachten.

1354. Einer dieser Punkte besteht darin, daß verschiedene Elektrolyte oder di-elektrische Körper verschiedene Anfangs-Intensitäten zu ihrer Zersetzung erfordern (912). Diefs kann abhängen von dem Grade der Polarisation, welche die Theilchen erfordern, ehe die elektrolytische Entladung beginnt. Es steht in directer Beziehung zur chemischen Verwandtschaft der betreffenden Substanzen, und wahrscheinlich auch in Beziehung zum specifischen Vertheilungsvermögen derselben (1252. 1296).

1355. Ein anderer Punkt ist die Erleichterung der elektrolytischen Leitung oder Entladung durch Zusatz gewisser Substanzen zu der angewandten di-elektrischen. Diese Erscheinung ist besonders beim Wasser auffallend, doch hat man bis jetzt kein allgemeines Gesetz bei diesen Phänomenen entdecken können. So erhöhen Säuren, wie Schwefelsäure, Phosphor-, Salpeter-, Kleesäure die Kraft (*power*) des Wassers ungeheuer, während andere, wie Wein- und Citronensäure, es nur in geringem Grade thun, und wiederum andere, wie Essig- und Borsäure, keine

merkliche Veränderung in den Angaben des Voltameters hervorbringen (739). Reines Ammoniak bewirkt nichts, wohl aber kohlen-saures. Aetzende und kohlen-saure Alkalien geben eine schöne Wirkung. Schwefelsaures Natron, Salpeter (753) und viele andere lösliche Salze wirken stark. Quecksilbercyanid und Quecksilberchlorid, Jod, Gummi und Zucker zeigen im Voltameter keine Wirkung. In vielen Fällen wird die hinzugefügte Substanz entweder direct oder indirect angegriffen, und dann sind die Erscheinungen verwickelter; dergleichen Substanzen sind Salzsäure (758), lösliche Protochloride (766), Jodide (769), Salpetersäure (752) u. s. w. In anderen Fällen ist die hinzugefügte Substanz für sich kein Leiter der Kräfte der Volta'schen Batterie, und dennoch giebt und empfängt sie Kraft (*power*), wenn sie mit Wasser vermischt ist. Hr. De la Rive hat dies Resultat bei der schwefligen Säure ¹⁾, beim Jod und Brom beobachtet ²⁾; Arsenikchlorür verhält sich eben so. Ein weit auffallenderes Beispiel von solchem Einfluss bietet die Schwefelsäure dar (681); und wahrscheinlich verhält sich auch so die Phosphorsäure.

1356. In den Fällen, wo jene Körper an sich keine Veränderung erleiden, wie Schwefelsäure (und vielleicht in allen Fällen) könnte es scheinen, als afficirten sie das Wasser in seinem Leitungsvermögen blofs als Electrolyt; denn es mag wenig oder viel erhöht seyn, so ist doch die Zersetzung proportional der durchgehenden Electricitätsmenge (727. 730), und die Ueberführung entspringt also aus elektrolytischer Entladung. Dies stimmt überein mit der in Betreff des Wassers schon angegebenen Thatsache (984), dafs das Leitungsvermögen nicht erhöht wird für eine Electricität von geringerer Kraft

1) *Biblioth. univers. XL*, p. 205. — Kemp sagt, schweflige Säure sey ein sehr guter Leiter. *Quarterly Journ.* 1831, p. 613.

2) *Annal. de chim. et de phys. XXXV*, p. 161 (Annalen Bd. XV, S. 526).

als die elektrolytische Intensität der Substanz, die als Di-electricum wirkt; allein beide Thatsachen (und einige andere) widersprechen der Meinung, die ich früher äufserte, dafs das Vermögen der Salze u. s. w. davon abhängig sey, dafs sie bei Lösung in dem angewandten Wasser den flüssigen Zustand annehmen (410). Vielleicht könnte die Erscheinung mit Unterschieden des specifischen Vertheilungsvermögens zusammenhängen und darin ihre Erklärung finden.

1357. Im letzten Aufsatz habe ich Fälle beschrieben, wo Schellack durch Absorption von Ammoniak leitend wurde (1294). Dasselbe geschieht mit Salzsäure; dennoch sind beide Substanzen im Gaszustand Nichtleiter, Ammoniak sogar auch in concentrirter Lösung (748). Harris hat Fälle erwähnt ¹⁾, wo das Leitungsvermögen der Metalle durch eine geringe Legirung mit anderen bedeutend abgeändert wird. Diefs hat wohl keine Beziehung zu den früheren Fällen, verdient indess bei einer allgemeinen Untersuchung, die der Gegenstand erfordert, nicht übersehen zu werden.

1358. Nichts ist vielleicht auffallender in der Klasse von di-elektrischen Körpern, die wir Elektrolyte nennen, als die ungewöhnliche und fast vollständige Aufhebung ihrer eigenthümlichen Entladungsweise nach Annahme des *starren* Zustandes (380. etc.), selbst wenn die Intensität der durch sie wirkenden Vertheilung um's Hundertfache und mehr gesteigert worden ist (419). Diefs errichtet nicht nur eine sehr allgemeine Beziehung zwischen den physischen Eigenschaften dieser Körper und der vertheilend durch sie wirkenden Elektricität, sondern verknüpft auch ihre physischen und chemischen Beziehungen so mit einander, dafs wir hoffen dürfen, im Kurzen den Einflufs, den sie wechselseitig auf einander ausüben, vollständig zu begreifen.

1) *Phil. Transact.* 1827, p. 22.

III. *Magnetisirung und Wärmeerregung mittelst eines durch den Schließungsdraht der elektrischen Batterie erregten Stromes;*
von Peter Riefs.

1) Magnetisirung durch den Nebenstrom.

Als ich vor Kurzem Stahlnadeln in einer Drahtschraube magnetisirte, durch welche die Entladung einer elektrischen Batterie ging, bemerkte ich Folgendes: Die Drahtschraube war mit einer Glasröhre bedeckt, um die ein Draht gleichfalls schraubenförmig gewunden war. Als die Enden dieses aufliegenden Drahtes frei herabbingen, wurde die Magnetisirung der in der inneren Spirale liegenden Stahlnadel nicht wesentlich geändert, wohl aber, als die Enden mit einander verbunden waren. Die Nadel erfuhr nämlich dann eine Magnetisirung, wie sie in der einfachen Spirale nur durch eine bei Weitem stärkere elektrische Entladung, als die angewandte, erreicht werden konnte. Ich schrieb diesen Erfolg einem elektrischen Strome zu, der in der äußeren Spirale durch die in der inneren fortschreitende Entladung erregt worden und mit dieser Entladung gleichlaufend war; es gelang mir sogleich, die Wirkung dieses secundären Stromes isolirt nachzuweisen. Da über einen solchen Strom nichts bekannt ist ¹⁾, auch Faraday eine merkliche Wirkung desselben sehr bezweifelt, indem nach ihm

1) So eben giebt die Berl. liter. Zeit. (1839, No. 10) Nachricht von Marianini: *Memorie di fisica sperimentale. Modena 1838*, in welchem Werke sich ein Aufsatz befindet: *Sulle correnti per induzione leida-elettrica*. Das Werk selbst oder eine nähere Auskunft über den genannten Aufsatz habe ich mir nicht verschaffen können.

durch die Entladung der elektrischen Batterie zwei gleich starke Ströme entgegengesetzter Richtung in einem Nebendrahte entstehen (Exper. Unters. §. 25, dies. Annalen, Bd. XXV S. 98), so stellte ich hierüber Versuche an, von welchen die einfachsten hier ihren Platz finden mögen.

Um den durch Vertheilung erregten Strom aufzuzeigen, sind sehr kleine Spiralen hinreichend. Ein Kupferdraht, $7\frac{1}{2}$ Fufs lang, $0''{,}29$ dick, wurde um eine Glasröhre von $2''{,}2$ Durchmesser, $5'' 3'''$ Länge in 81 Windungen gelegt, so dafs $2' 11''$ des Drahtes frei blieben. Das eine Drahtende wurde an den Entladungs-Apparat der Batterie, das andere an den Henley'schen Auslader befestigt, dessen Arme durch ein, $2\frac{2}{3}'''$ langes, $4\frac{1}{2}'''$ breites Kupferblech verbunden waren; sodann folgte im Schließungsbogen das Luftthermometer mit einem $59''{,}25$ langen Platindraht (*rad.* $0''{,}041$), und zuletzt der ableitende Kupferstreifen, wie ich diese Zusammenstellung schon früher beschrieben habe. Auf jene erste (Haupt-) Spirale, welche einen Theil des Schließungsbogens der Batterie ausmachte, wurde eine, $4\frac{1}{3}'''$ dicke, $4'' 9'''$ lange Glasröhre geschoben, um deren mittleren Theil ein $\frac{3}{8}'''$ dicker, $10'$ langer besponnener Kupferdraht in 60 Windungen gelegt war; an jedem Ende blieb die Glasröhre in der Länge eines Zolles frei, und wurde daselbst mit Siegelack überzogen. Die geraden Enden dieser zweiten (Neben-) Spirale waren zusammen $3' 7''$ lang, und wurden mit einer dritten (Magnetisirungs-) Spirale verbunden, die ungefähr in 2 Fufs Entfernung von der Hauptspirale von Ost nach West aufgestellt war. Alle Spiralen, von welchen nicht das Gegentheil gesagt ist, waren rechts gewunden. In der Fig. 1 Taf. II stellt *A* die Hauptspirale (von der das mit \oplus bezeichnete Ende nach der inneren Belegung der Batterie führte), *B* die Neben- und *C* die Magnetisirungsspirale vor, in welcher letzteren eine markirte Windung mit *M* bezeichnet ist.

Die folgenden Versuche sind mit einer Magnetisirungspirale aus Platindraht von 0",177 Dicke angestellt, von welchem 26 Zolle eine 3" lange Glasröhre mit 42 Windungen bedeckten und außerdem 34" frei blieben (Spirale No. I). Bei jedem Versuche wurde in diese Spirale eine neue unmagnetische englische Nähnadel gelegt, die 13",9 lang, in der Mitte 0",19 dick war. Eine Nadel dieser Dimensionen vollführt, wenn sie mit einem starken Magnet gestrichen ist, 20 Oscillationen in 14,2 Sekunden. Die Anzahl der gebrauchten Flaschen der Batterie wird, wie früher, mit s bezeichnet, zur Einheit der Elektrizitätsmenge q wurde aber hier eine Entladung der Maafsflasche genommen, wenn die Kugeln derselben in der Entfernung $\frac{1}{2}$ Linie standen. Diese Elektrizitätsmenge wurde bei gutem Zustande der Maschine durch weniger als eine Umdrehung der 2füßigen Scheibe geliefert. In der folgenden Tabelle sind die Zeiten angegeben, welche die einzelnen Nadeln zu 20 Oscillationen gebrauchten, nachdem sie in der Spirale C gelegen hatten und verschiedene elektrische Ladungen durch die Hauptspirale A entladen worden waren:

q	10	20	30
s			
5	58",4	43,6	34,8
25		33,4	34,0

Das Ende der Nadeln, das an der Marke M lag, war überall ein Nordpol, und dies blieb der Fall, als bedeutend dickere Nadeln (0",29) zum Versuche angewandt wurden. Die Magnetisirung fand nicht statt, wenn die Nebenschließung geöffnet war; ein Ueberspringen der Elektrizität vom Haupt- zum Nebendrahte (wogegen auch alle folgenden Versuche sprechen) kann nicht zugegeben werden, da dies immer an dem Ende B der Spirale, das von der inneren Belegung der Batterie am

entferntesten lag, hätte stattfinden müssen. Es muß daher die beobachtete Magnetisirung von der in der Nebenspirale erregten Elektrizität abgeleitet werden, die sich, wenn wir nur die positive Elektrizität betrachten, in der Nebenspirale gleichlaufend mit der Elektrizität in der Hauptspirale, von *A* nach *B*, und in der Magnetisirungsspirale von *C* nach *M* fortpflanzte, wie diese Richtung in der Figur durch Pfeile angedeutet ist. Hieraus folgt:

Der Schließungsdraht der elektrischen Batterie erregt bei der Entladung in einem nahe stehenden Drahte einen Strom, der mit der Entladung selbst gleichlaufend ist.

Ehe wir die Magnetisirung durch diesen Strom weiter verfolgen, müssen wir die Wirkung des Entladungsstromes selbst in Erinnerung bringen. Aus Savary's schönen Versuchen folgt, daß der in Stahladeln durch den Schließungsdraht der elektrischen Batterie erregte Magnetismus kein Maafs der *Stärke*, in einigen Fällen sogar kein Zeichen der *Richtung* abgiebt, welche die elektrische Entladung besessen hatte. Statt näherer Auseinandersetzung will ich eine der Versuchsreihen anführen, die ich zur Wiederholung der Savary'schen Versuche angestellt habe. Die oben beschriebene Platinspirale No. I war zur Schließung der Batterie selbst benutzt, und in dieselbe bei jedem Versuche eine neue Stahladel der angegebenen Dimensionen gelegt worden. Da es hier nur um ein Mehr oder Weniger des Magnetismus zu thun ist, so wurden die Nadeln zur Prüfung ihres Magnetismus auf ein Lineal gelegt, das horizontal an einer kleinen Bussole befestigt und 10° gegen den Meridian geneigt war. Die Entfernung der nächsten Enden der zu prüfenden Nadel und der im Meridian ruhenden 2 Zoll langen Bussol-Nadel war stets genau dieselbe, und betrug 4 Linien. Ehe eine Nadel dem Versuch ausgesetzt wurde, mußte Oehr und Spitze derselben an der Bussole Anziehung (von ungefähr 1°) zei-

gen; da später nur Abstofsung beobachtet wurde, so war diese ein untrügliches Zeichen, daß die Nadel magnetisch geworden. Das Maximum der Abstofsung, welches eine Nadel der angegebenen Dimensionen, nachdem sie mit einem starken Magnete gestrichen worden war, hervorbrachte, war 28° . Das in den Tabellen der Abstofsung vorgesezte negative Zeichen bezieht sich auf die Richtung der Magnetisirung, die alsdann die entgegengesetzte von der als normal angegebenen war. — Als die Batterie aus 25 Flaschen (von $1\frac{1}{2}$ Quadratfuß Belegung) bestand und mit positiver Elektrizität geladen war, wurden die folgenden Magnetisirungen gefunden an Stahlnadeln, die in die Platinspirale gelegt worden. In der Regel wurde das Ende der Nadel Nordpol, das nach der äußeren Belegung der Batterie zu lag. q ist die Elektrizitätsmenge mit welcher die Batterie geladen war, die Kugeln der Maafsflasche standen, wie weiterhin überall, in der Entfernung $\frac{1}{2}$ Linie:

q	5	10	15	20	25	27	29	30	32	35
Abstofs. 9°	14,5	15	10,3	6,5	-2,5	-7,5	-8,5	2,3	11,5	

Man sieht, daß eine stärkere Ladung der Batterie nicht unbedingt eine stärkere Magnetisirung zur Folge hatte, daß ferner Elektrizitätsmengen vorkommen, die im entgegengesetzten Sinne magnetisiren als andere, obgleich sie in derselben Richtung entladen wurden. Diese der Regel ¹⁾ widersprechenden Magnetisirungen werden nur an dünnen Nadeln bemerkt, indess mit steigender Ladung der Batterie eine Periodicität in der Stärke der Magnetisirung auch bei dicken Nadeln eintritt, die nur im normalen Sinne magnetisirt werden.

Diese Eigenthümlichkeit der Magnetisirung von Stahlnadeln findet gleicherweise statt, bei Anwendung des

1) Die bekannte elektro-dynamische Regel, daß ein mit dem positiven Strome schwimmend gedachtes Phantom, wenn es die Nadel ansieht, den Nordpol derselben zur Linken hat.

durch Vertheilung erregten elektrischen Stromes der Nebenschließung. Wenn man hierbei auch stets dieselbe Haupt- und Nebenspirale anwendet und die Elektrizitätsmenge der Batterie in allen Versuchsreihen auf dieselbe Weise steigert, so wird sich doch die Magnetisirung wesentlich ändern lassen. Die Periode nämlich der Magnetisirungen, welche durch den Nebenstrom geleistet werden, ist sehr verschieden, je nachdem die Beschaffenheit der Nebenschließung, die Ausdehnung der Batterie und endlich die Beschaffenheit der Hauptschließung eine andere ist. Dafs die Magnetisirung durch den Nebenstrom sich ändert mit Veränderung der Nebenschließung ist nicht auffallend, und gehört eigentlich nicht hieher. Findet nämlich in der Nebenspirale auch immer dieselbe Elektrizitätserregung statt, so wird die Wirkung des Stromes doch nicht allein von dieser Erregung, sondern auch von der Beschaffenheit des ganzen Weges abhängen müssen, den er zu durchlaufen hat. Es ist diefs der Fall der einfachen Batterie-Entladung, deren Wirkung bekanntlich nicht allein von der Ladung, sondern auch vom Schließungsbogen bestimmt wird. Auffallend ist jedoch folgender Umstand bei der Magnetisirung durch den Nebenstrom. Bleibt die Nebenschließung zwar metallisch dieselbe, wird sie aber an einer Stelle unterbrochen, an welcher der Nebenstrom mit einem Funken übergehen muß, so hat diefs den merklichsten Einfluß auf die Magnetisirung. Oft wird hierdurch der Magnetismus auf das Bedeutendste verstärkt, zuweilen geschwächt, ja sogar in Bezug auf die Richtung geändert. Die stärksten Magnetisirungen durch den Nebenstrom, die nahe bis zur Sättigung der Nadel gingen, habe ich nur auf diese Weise erlangen können. Ueber den Funken des Nebenstroms ist zu bemerken, dafs er, wie begreiflich, erst bei einer gewissen Ladung der Batterie eintritt, dann aber desto glän-

zender ist, je besser Haupt- und Nebenschließung die Elektrizität leiten.

Bei allen folgenden Versuchen war die Hauptschließung einfacher als die oben beschriebene, indem ich das Thermometer fortliets, an der Stelle desselben die Hauptspirale stellte, und den Entladungsapparat mit dem Henley'schen Auslader durch einen 27" langen $1\frac{3}{4}$ " dicken Messingdraht verband. Die Hauptspirale *A* (Fig. 1 Taf. II) war aus einem, $\frac{1}{2}$ " dicken, mit Seide besponnenen, 7' 10" langen Kupferdraht gebildet, der, frei aufgewunden, 111 Umgänge auf einer Länge von 1 Fuß hatte, während 2' 4" desselben gerade ausgespannt blieben (Spirale II). Ueber dieser Spirale, auf einer Glasröhre von $4\frac{3}{4}$ " Dicke, 1' Länge, lag die Nebenspirale *B*, aus einem $\frac{3}{8}$ " dicken, 16' langen, unbesponnenen Kupferdraht bestehend, der 107 Windungen auf einer Länge von 11" hatte, und freie Enden, zusammen von 3' 9" Länge, behielt (Spirale III). Die so eben beschriebenen Theile des Apparats blieben bei allen Versuchen dieselben; die Stücke, welche die Arme des Henley'schen Ausladers, und die, welche die Enden der Nebenspirale mit einander verbanden, sind bei jeder Versuchsreihe angegeben. Als zu magnetisirende Nadel wurde überall die englische Nähnaedel der angegebenen Dimension gebraucht, und der Magnetismus derselben auf die beschriebene Weise an der Bussole geprüft. Eine Unterbrechung in der Nebenschließung entstand dadurch, daß bei *a* oder *b* der Figur zwei kurze, $\frac{3}{8}$ " dicke Messingdrähte eingeschaltet und, auf Glasstäben befestigt, bis auf 0",1 einander genähert wurden. Die Elektrizitätsmengen, bei welchen diese Unterbrechung angebracht war und der Nebenstrom also mit einem Funken übergehen mußte, sind in den Tabellen mit einem Asterisk bezeichnet. Folgende Versuche zeigen den Einfluß der Beschaffenheit der Nebenschließung auf die Magnetisi-

rung, indem mit der Nebenspirale successiv die Platinspirale No. I, und eine ihr ganz ähnliche Spirale, die aber aus einem 0^m,29 dicken Kupferdraht bestand, verbunden, und als Magnetisirungsspirale gebraucht wurde. Die an der Bussole beobachteten Abstosungen sind positiv genommen, wenn das an *M* der Spirale anliegende Ende der Nadel ein Nordpol war. Im Henley'schen Auslader befand sich ein Neusilberdraht, 77^m,5 lang, $\frac{1}{2}$ ^m dick; es wurden 5 Flaschen der Batterie gebraucht.

<i>q</i>	5	10	20	30	20 *	30 *
Platinspirale	0,3	3,2	5,5	6,5	7,0	10
Kupferspirale	-2	-2	-2		4,7	27

Die so bedeutende Aenderung der Magnetisirung hängt nicht von der Beschaffenheit der Magnetisirungsspirale, sondern von der durch sie bewirkten Aenderung der ganzen Nebenschließung ab. Wenn die Platin- und die Kupfer-Spirale gleichzeitig in der Nebenschließung eingeschaltet werden, so ist die Magnetisirung dieselbe, man mag die Nadel in die eine oder die andere gelegt haben.

Es ist für die Magnetisirung durch den Nebenstrom ferner von Einfluss, ob die Elektrizitätsmenge, welche durch die Hauptschließung entladen wird auf einer größeren oder kleineren Oberfläche angesammelt war. Um diesen Einfluss deutlich zu zeigen, wähle ich die Combination, wo die Arme des Henley'schen Ausladers durch das Kupferblech verbunden waren, und die Platinspirale No. I sich in der Nebenschließung befand. *s* bezeichnet die Anzahl der Flaschen in der Batterie.

<i>q</i>	5	10	20	30	20 *
<i>s</i>					
5	-0,3	0	0,5	1	1,3
25	-1,3	0,3	4,5	5,3	

Bei Anwendung von 25 Flaschen ging der Strom durch die angebrachte Unterbrechung der Nebenschließung nicht über; und es konnte daher auch keine Magnetisirung erlangt werden. Man sieht, daß die Magnetisirung sehr befördert wurde durch die langsamere Entladung, welche dieselbe Elektrizitätsmenge bei geringerer Dichtigkeit erfuhr, und dieß findet in allen Fällen statt, wo die Hauptschließung sehr gut leitend ist. Weitere Beispiele werden unten beiläufig gegeben werden.

Die wirksamste und zugleich die interessanteste Weise, die Magnetisirung durch den Nebenstrom zu ändern, besteht in einer Verlängerung der Hauptschließung der Batterie. Die Elektrizitätsmenge, welche die Magnetisirung bewirkt, und der Weg, den sie durchläuft, bleiben in diesen Versuchen dieselben, und es betrifft die von uns hervorgebrachte Aenderung nur die Zeit, in der die Elektrizität ihren Kreislauf vollendet. Welche große Aenderungen hierdurch in der Magnetisirung bewirkt werden, zeigen die Verticalreihen der folgenden Tabelle. Es befand sich, wie früher, die Platinspirale I in der Nebenschließung, zugleich aber war, zur größeren Bequemlichkeit des Versuchs, eine Spirale (No. IV) von einem $\frac{3}{8}$ ''' dicken besponnenen Kupferdraht mit in die Schließung genommen. Dieser Draht war 6' 9" lang, 4' 7" bildeten, frei aufgewunden, eine Schraube von $38\frac{1}{2}$ ''' Länge und 72 Umgängen, in welche bei jedem Versuche eine an einem Ende verschlossene Glasröhre, welche die zu magnetisirende Nadel enthielt, bis zu einer bestimmten Tiefe geschoben wurde. Zwischen den Armen des Hensley'schen Ausladers wurden $\frac{1}{12}$ ''' dicke Neusilberdrähte eingeschaltet, deren Länge in der ersten Spalte der Tabelle angegeben ist; die Batterie bestand aus 5 Flaschen. Es werden die Abstofsungen, welche die magnetisirten Nadeln an der Bussole hervorbrachten, und zwar, wie früher, als positiv angegeben, wenn das Ende *M* der Magnetisirungsspirale (s. die Figur) einem Nordpol ent-

sprach. Die letzte Spalte giebt beiläufig die Magnetisirung bei unterbrochener Nebenschließung an.

	7	10	20	30	20 *
Einschaltung					
Kupferblech		0,3	1,5	2,5	8,3
Neusilberdraht $26\frac{7}{8}''$		2	4,5	6,5	8
$36\frac{5}{8}''$		2	5	6	9,5
78		2,5	5,7	7,7	12,6
$140\frac{3}{4}''$		0	1,8	1,6	4,5
212	— 0,8	0	1,3		7,8
324	— 2,3	— 3	0		1,5
460	— 10	— 10	— 9,5		7
696	— 4	— 2,3	— 1,3		+ 8

Diese Perioden in der Magnetisirung, durch dieselben Elektricitätsmengen in demselben geschlossenen Metallbogen hervorgebracht, sind sehr regelmäfsig und in dem Hauptpunkte einander entsprechend; sie scheinen zu beweisen, dafs die Magnetisirung einer Stahlnadel eine ganz bestimmte Zeit bedarf, um durch eine bestimmte Elektricitätsmenge auf das Maximum gebracht zu werden. Wird die Zeit, in welcher die Elektricität auf die Nadel einwirkt, vermindert oder vermehrt, so wird in beiden Fällen eine geringere Magnetisirung erfolgen müssen; wie aber diese Aenderung der Zeit der Entladung den Sinn der Magnetisirung zu ändern vermag, können wir nach unseren bisherigen Erfahrungen nicht angeben, ohne uns auf blofse Vermuthungen zu berufen. Es ist klar, dafs die oben angegebenen Perioden sich nur auf die dünne (0'',19) Nadelsorte beziehen, deren wir uns überall bedienten, und dafs sich für andere Nadelsorten auch andere Perioden gefunden haben würden. Bemerkenswerth ist indess, dafs ich die so ausgezeichnete Beobachtungsreihe, wo 460'' Neusilberdraht in die Hauptschließung eingeschaltet war, mit viel dickeren Nadeln (0'',29 und 0'',36) wiederholt habe, ohne eine normale

Mag-

Magnetisirung erhalten zu können. Diefs ist mit dem Hauptstrom der Batterie nicht zu erreichen. Savary fand anomale Magnetisirung nur bei Nadeln von 0",11 Dicke, ich selbst habe in der Hauptschliessung dieselbe nicht erhalten, wenn ich Nadeln gebrauchte, die dicker als 0",19 waren. Ich schreibe diefs dem Umstand zu, dafs bei der gewöhnlichen Einrichtung der Batterie eine sehr geringe Elektrizitätsmenge nicht in kurzer Zeit entladen werden kann, wie diefs so leicht in der Nebenschliessung zu bewirken ist. Was die Constanz der mitgetheilten Beobachtungen betrifft, so ist sie gröfser als ich sie bei einem so complicirten Phänomen erwartete, wo das Individuelle der angewandten Nadel von so grossem Einflufs ist. Die stärkeren normalen Abstofsungen werden bei Wiederholung des Versuchs selten um $\frac{1}{3}$ ihrer Gröfse abweichend gefunden, und nur wo die Magnetisirung schwach und zugleich auf dem Punkte ist, ihre Richtung zu ändern, ist die Beobachtung unsicherer. Es ist indefs sehr nothwendig, sich überall der Innigkeit der Drahtverbindungen zu versichern.

2) Wärmeregung durch den Nebenstrom.

Es ist im Vorhergehenden stillschweigend angenommen worden, dafs der durch Vertheilung erregte Nebenstrom mit dem Hauptstrome ganz gleichen Schritt hält, so dafs der letztere als Maafs für den ersten dienen kann. Diese Annahme wurde wahrscheinlich durch das Erscheinen und Ausbleiben des Funkens in der unterbrochenen Nebenschliessung, je nachdem die in der Batterie angehäuften Elektrizitätsmenge eine gröfsere oder geringere Dichtigkeit besafs, und sie wird vollständig bewiesen, wenn wir die *Wärmeregung* untersuchen, die durch den Strom der Nebenschliessung stattfindet. Da uns die Gesetze der Wärmeregung durch Elektrizität bei Weitem bekannter sind als die der Magnetisirung, so werden sich hier die Resultate der Versuche klarer heraus-

stellen, als es früher der Fall seyn konnte. Zu dieser Untersuchung wurde die oben beschriebene Hauptschließung der Batterie, die Hauptspirale II und die Nebenspirale III benutzt; die Arme des Henley'schen Ausladers waren durch das kurze Kupferblech verbunden. Das eine Ende der Nebenspirale hing mit der Magnetisirungspirale IV zusammen, indess die freien Enden dieser und der ersten Spirale zu den Ansätzen der Kugel des Luftthermometers gingen, in der sich ein Platindraht (*rad.* 0",023, Länge 144") befand, der die Nebenschließung vollendete. Das Thermometer war also an der Stelle *a*, Fig. 1 Taf. II, eingeschaltet; wo eine Unterbrechung der Nebenschließung gebraucht wurde (die in der Tabelle durch einen Asterisk angedeutet ist), war diese an der Stelle *b* in der früher beschriebenen Art bewerkstelligt. In der folgenden Tabelle giebt die erste Columne der Ueberschrift Erwärmung die Anzeige des Thermometers bei verschiedener Größe und Ladung der Batterie, *s* bedeutet die Anzahl der Flaschen, *q* die Elektrizitätsmenge, mit der sie geladen waren. Unter der Ueberschrift Magnetisirung sind beiläufig die Abstofsungen angegeben, welche Stahlnadeln zeigten, die in der Spirale IV gelegen hatten; und zwar wieder als positive, wenn das Ende *M* der Spirale einen Nordpol erregt hatte; leere Stellen zeigen an, dafs die Nadeln nicht merklich magnetisch geworden waren.

s	q	Erwärmung.		Magnetisirung.
3	10	2,7	2,5	
	15	5,4	5,6	
	18	7,0	8,1	
5	15	3,8	3,4	
	20	6,2	6,0	
	25	9,0	9,4	
	30	12,0	13,5	
10	20	3,4	3,0	0,5
	25	5,0	4,7	1,3
	30	7,0	6,8	1,5
15	30	4	4,5	1,5
20	30	3,5	3,4	4,0
25	30	2,5	2,7	2,3
	40	4,4	4,8	-0,6
5	20 *	6,2		8,8
	25 *	8,3		2,0
	30 *	9,8		-3,6

In der zweiten Columne der Ueberschrift Erwärmung stehen Zahlen, die nach folgender Annahme berechnet sind. Gesetz, die Entladung der Elektrizitätsmenge 1, welche die Dichtigkeit 1 besitzt, brächte in der Hauptschließung die Erwärmung α hervor, so wissen wir, daß die Entladung einer Elektrizitätsmenge q , welche die Dichtigkeit $\frac{q}{s}$ in der Batterie besaß, eine Er-

wärmung $\theta = \alpha \frac{q^2}{s}$ zur Folge hat. Nimmt man nun an, daß diese Entladung in der Nebenspirale eine Elektrizitätsmenge erregt, die proportional q ist, und eine Dichtigkeit proportional $\frac{q}{s}$ besitzt, so müssen auch die Erwärmungen der Nebenschließung sich nach der Formel

$$\theta_1 = \alpha \frac{q^2}{s}$$

berechnen lassen. α ist ein aus den Beobachtungen gezogener Mittelwerth, und hier gleich 0,075 gesetzt. Wie

man sieht, stimmen die berechneten Werthe mit den beobachteten genügend überein. Durch die angebrachte Unterbrechung in der Nebenschließung, welche einen so bedeutenden Einfluss auf die Magnetisirung hat, werden die Erwärmungen nur wenig geändert, und zwar stets vermindert, wie wir dieß aus früheren Beobachtungen an der Hauptschließung der Batterie schon wissen. Als statt des Kupferblechs ein Neusilberdraht, $\frac{1}{12}$ dick, 78^m lang, in dem Henley'schen Auslader eingeschaltet war, fielen die Erwärmungen bedeutend kleiner aus, wie die folgende Tabelle zeigt:

<i>s</i>	<i>q</i>	Erwärmung.		Magnetisirung.
3	15	2,0	2,1	2,5
	18	3,3	3,0	3,5
5	20	2,6	2,2	2,8
	25	3,4	3,5	3,3
	30	4,7	5,0	3,0
5	20 *	2,0		12,0
	25 *	3,2		2,0
	30 *	4,1		8

Der Werth α ist durch die Einschaltung des Neusilberdrahtes von 0,075 auf 0,028 gebracht worden, eine Verringerung, die mir, nach meinen früheren Wärmeuntersuchungen an der Hauptschließung, nicht auffallend seyn konnte. Ich theile noch eine zweite Reihe ganz ähnlicher Versuche mit, die erhalten wurde, als in das Thermometer statt des Platindrahts ein Neusilberdraht (*rad.* 0^m,0332, Länge 122 $\frac{7}{12}$ ^m) eingezogen war. Die Arme des Henley'schen Ausladers standen durch das Kupferblech in Verbindung:

s	q	Erwärmung.		Magnetisirung.
5	20	5,0	5,0	0,3
	25	7,5	7,9	0,6
	30	10,0	11,3	1,3
10	20	2,8	2,5	0,6
	30	5,7	5,7	0,5
20	20	1,5	1,3	2,0
	30	2,7	2,8	0,3
	40	5,5	5,0	1,5
25	20	1,2	1,0	2,0
	30	2,2	2,3	2,5
	40	4,0	4,0	3,6
	50	6,2	6,3	0,6
5	20 *	4,5		2,5

Die Zahlen der vierten Columne sind mit der Annahme $\alpha=0,063$ berechnet. Als das Kupferblech im Auslader mit dem Neusilberdraht von 78^m Länge vertauscht wurde, ging dieser Werth auf 0,024 herunter, wie die folgenden Beobachtungen zeigen.

s	q	Erwärmung.		Magnetisirung.
3	15	1,8	1,8	3,0
	18	2,7	2,6	3,3
5	20	2,2	1,9	3,5
	30	4,0	4,3	5,3

Eine grössere Anzahl von Beobachtungen anzustellen erlaubte die geringe Grösse der Erwärmung nicht.

Das Resultat aus diesen Beobachtungen ist sehr einfach. Aus meinen früheren Untersuchungen über die Erwärmung eines constanten Drahtes im Schliessungsbogen der Batterie folgte eine bestimmte Abhängigkeit der Erwärmung von der angewandten Elektrizitätsmenge, von der Dichtigkeit derselben in der Batterie, und von der Verzögerung, welche dieselbe im Schliessungsdrahte erlitten hatte. Ganz dieselbe Aenderung der Erwärmung

nach der Beschaffenheit der Batterieentladung finden wir in der Nebenschließung wieder; es folgt hieraus, daß der in der Nebenspirale erregte Strom in Bezug auf Wärmeerregung dem Entladungsstrom der Hauptschließung vollkommen analog ist. Wir drücken dies, mit Benutzung einer früher gebrauchten Hypothese, so aus:

Der Schließungsdraht der elektrischen Batterie, der eine in derselben angehäuften Elektrizitätsmenge in einer bestimmten Zeit entladet, erregt, durch Vertheilung in einem nahestehenden Drahte eine proportionale Elektrizitätsmenge, die, im Fall ihr ein Kreislauf gestattet ist, in einer Zeit circulirt, die jener Zeit proportional ist.

Diese Elektrizitätsmenge, die man in einem durchaus homogenen, überall gleich warmen Metallringe circuliren lassen kann, bietet das interessante Beispiel des einfachsten elektrischen Stromes dar. Es ist zugleich sehr merkwürdig, daß dieser geschlossene Strom sich nicht den eigens so genannten elektrischen Strömen anschließt, sondern durchaus der Entladung der elektrischen Batterie gleicht. Es kann daher der Umstand, daß bei der Batterie-Entladung die Elektrizitätsbewegung, des trennenden Glases wegen, nicht in sich zurückgeht, uns nicht hindern, diese Entladung als elektrischen Strom aufzufassen. Man kann die Entladung der Batterie mit Entladungsstrom oder Hauptstrom bezeichnen, je nachdem dieselbe den übrigen elektrischen Strömen oder dem Nebenstrom gegenübergestellt wird.

Wir haben bisher unsere Aufmerksamkeit noch nicht auf die Stelle gerichtet, an welcher der Nebenstrom erregt wird. Wie leicht begreiflich ist, wird die Elektrizitätsmenge im Nebenstrom desto größer seyn, ein je größerer Theil der Hauptspirale, unter sonst gleichen Umständen, auf die Nebenspirale einwirkt. Um die hierdurch entstehende Vergrößerung des Nebenstromes genauer zu bestimmen, wurde die Nebenspirale (No. III),

welche durch den Platindraht des Thermometers geschlossen war, zuerst auf den gerade ausgespannten Theil der Hauptspirale (II) geschoben und die Erwärmung gemessen, als die Elektrizitätsmenge 20 aus 5 Flaschen entladen wurde. Dann wurde in successiven Versuchen eine verschiedene Anzahl Windungen der Hauptspirale unter die Nebenspirale gebracht, Elektrizitätsmenge aber und Flaschenzahl unverändert gelassen. Folgende sind die Erwärmungen in der Nebenschließung, je nachdem ein anderer Theil der Hauptschließung, dessen Zusammensetzung die beiden ersten Columnen angeben, auf die Nebenspirale einwirkte.

Wirksamer Theil der Hauptschließung.		
Länge d. geraden Drahts.	Zahl der Windungen.	Erwärm. in d. Nebenschl.
134 ^m	0	2,0
—	—	1,7
102	24	4,8
—	—	5,0
63,4	53	7,5
—	—	7,7
24,8	82	11,8
—	—	11,2
0	101	13,8
—	—	14,2

Diese Erwärmungen sind durch einen elektrischen Strom hervorgebracht, der zugleich von dem geraden und dem gewundenen Drahte der Hauptspirale erregt worden; wir unterscheiden daher an jeder derselben zwei Theile, die dieser verschiedenen Erregung entsprechen.

Totale Erwärm.	Gerader Draht.	Erwärmung.	Windungen	Erwärmung.
1 ^o ,85	134 ^m	1 ^o ,85		
4,9	102	1,40	24	3 ^o ,5
7,6	63,4	0,87	53	6,73
11,5	24,8	0,34	82	11,16
14,0	0	0	101	14,0

Indem wir von den beobachteten Werthen die Erwärmungen abgezogen haben, die unter Annahme der Proportionalität mit der Länge für den geraden Draht berechnet wurden, sind Erwärmungen übrig geblieben, die der Zahl der wirksamen Windungen proportional sind. Nimmt man nämlich für die Erwärmung, welche die durch eine Windung der Hauptspirale in der Nebenspirale erregte Elektrizität hervorbringt, als Mittelzahl 0,138 an, so erhält man:

	Erwärmung.	
	Beobachtet.	Berechnet.
bei 24 Windungen	3,5	3,3
- 53 -	6,7	7,3
- 82 -	11,2	11,3
- 101 -	14,0	13,9.

Wir wissen, daß bei gleichbleibender Schließung und constanter Dichtigkeit der Elektrizität in der Batterie die Erwärmung im Schließungsdraht der wirkenden Elektrizitätsmenge direct proportional ist; es folgt daher aus den angeführten Beobachtungen:

Die von dem Schließungsdrahte der Batterie in einem Nebendrahte erregte Elektrizitätsmenge ist, unter sonst gleichbleibenden Umständen, der wirksamen Länge des Schließungsdrahtes proportional.

Dasselbe Resultat würden wir erhalten haben, wenn wir die Hauptspirale successiv mit Nebenspiralen von einer veränderlichen Anzahl Windungen derselben Ganghöhe bedeckt hätten. Es giebt indeß noch ein Mittel die Wirksamkeit der Hauptspirale zu beschränken, indem wir sie nämlich in ihrer ganzen Ausdehnung mit verschiedenen Längen des Nebendrahtes umwinden. Es wurde auf die Hauptspirale (No. II) eine Glasröhre von 11" 7" Länge aufgeschoben; von einem Kupferdraht (13' lang, $\frac{3}{8}$ " dick) wurden verschiedene Längen um die Glasröhre gewunden, so aber, daß sie auf der Röhre immer den-

selben Raum von 11" einnahmen. Die freien Enden des Drahtes gingen zu dem Thermometer. Die Nebenschließung bestand daher in allen Fällen aus 13' Kupferdraht, von dem aber ein veränderlicher Theil die Hauptschließung umgab, und aus dem Platindraht des Thermometers. Ich erhielt folgende Resultate:

Erregte Drahtlänge.	Erwärmung.
1 Fufs	2,4
	2,4
2 -	5,0
	4,8
4 -	8,0
	8,0
8 -	15,0
	15,8.

Es wirkte hier die ganze Hauptspirale auf die verschiedenen Längen der Nebenspirale, aber da die letztere stets dieselbe Ausdehnung behielt, unter sehr verschiedenen Winkeln. Die Windung der Nebenspirale traf nämlich den Entladungsstrom unter einem desto kleineren Winkel, je länger der Draht dieser Spirale war. Da in den Versuchen die Erwärmungen, und daher die erregten Elektrizitätsmengen sich merklich verhalten, wie die Drahtlängen, so sehen wir, daß die Wirkung völlig der gleich kommt, welche die verschiedenen Nebenspiralen durch verschiedene, ihnen respectiv parallel gewundene Hauptspiralen erfahren haben würden. In diesem Falle würden also Theile der Hauptspirale denselben Strom erregt haben, den in den aufgeführten Versuchen die ganze Spirale erregte. Diese merkwürdige Eigenschaft des Hauptstroms, in einem Drahte desto weniger Elektrizität zur Bewegung zu bringen, je mehr derselbe von der Richtung des Stromes abweicht, konnte schon einem oben aufgeführten Beispiel entnommen werden. Als nämlich der gerade Theil der Hauptspirale auf

die vollständige Nebenspirale einwirkte, deren Windungen er beinahe senkrecht traf, wurde eine so geringe Elektrizitätsmenge in Bewegung gesetzt, dafs die gröfsere Entfernung, in welcher der Hauptdraht von den erregten Metalltheilen stand, keine Erklärung dieser geringen Wirkung gab. Dafs eine gröfsere Drahtlänge der Nebenspirale allein nicht eine gröfsere Wirkung bedingt, wenn die Windungen derselben ungünstig gegen die Windungen der Hauptspirale gerichtet sind, zeigt folgender merkwürdige Versuch. Alle bisher gebrauchten Spiralen waren in gleichem Sinne (rechts) gewunden; als ich den letzten Versuch der so eben aufgeführten Tabelle in der Art wiederholte, dafs die 8 Fufs Kupferdraht auf die Glasröhre links, also der darunter liegenden Hauptspirale entgegen, gewunden waren, fand sich folgender bedeutende Unterschied beider Versuche:

Erwärmung.

Nebenspirale 8' rechts gewunden	15 bis 15,8
links gewunden	2,6 - 2,8.

Die letzte Erwärmung würde kaum geringer ausgefallen seyn, wenn statt der Hauptspirale ein gerade ausgespannter Draht genommen worden wäre.

Ich habe noch zum Schlufs Einiges zu bemerken über die Eigenschaften, welche ich an dem durch den Schliessungsdraht der elektrischen Batterie erregten Nebenstromen nicht habe finden können. Als ich den bei guter Haupt- und Nebenschliessung glänzend weissen Funken des Nebenstromes sah, wurde ich versucht den Strom auf Jodkalium wirken zu lassen, dessen Zersetzung ein untrügliches Mittel zur Erkennung der Richtung des Stromes abgegeben haben würde. Es schlugen aber alle Versuche fehl eine Zersetzung zu erhalten. Ich hatte in die Nebenschliessung ein Paar feine Platindrähte eingeschal-

tet, deren Spitzen auf Papier gestellt wurden, das mit Jodkalium befeuchtet war. Bei geringer Entfernung der Spitzen und starker Ladung der Batterie ging zwischen den Platindrähten ein Funke durch die Luft über, selbst dann noch, als die Spitzen 2 Linien von einander entfernt waren. Wurde die Entfernung der Spitzen vermehrt, so erschien unter jeder Spitze ein Lichtschimmer, und der Strom ging durch das feuchte Papier über; in keinem Falle aber wurde eine Spur von Zersetzung bemerkt. Brachte ich endlich die Spitzen noch weiter von einander, oder verminderte ich die Batterieladung oder (durch Einschaltung eines Neusilberdrahtes) die Leitung der Hauptschließung, so entstand gar kein Nebenstrom. Ich erklärte diesen Erfolg daraus, daß die erregte Elektrizität eine bedeutende Dichtigkeit besitzen muß, um durch das feuchte Papier zu gehen, daß aber in diesem Falle der Durchgang zu *schnell* geschieht, um eine Zersetzung des Jodkaliums zu erlauben. Durch jedes Mittel, diesen Durchgang zu verlangsamen, wird auch die Dichtigkeit der erregten Elektrizität vermindert, und dann geschieht es, daß die Elektrizität, anstatt durch die Nebenschließung zu circuliren, in die Nebenspirale zurückgeht in entgegengesetzter Richtung, in der sie erregt worden. Wir sehen, daß das sonst gegen Elektrizität so empfindliche Jodkalium hier seine Dienste versagt, und dies geschieht überall, wo die Elektrizität, die durch dasselbe geht, eine zu bedeutende Dichtigkeit besitzt, wie man leicht an der Batterie selbst zeigen kann. Es wurden die beiden Platindrähte in den Schließungsdraht der Batterie eingeschaltet, und die Spitzen derselben auf das mit Jodkalium genähte Papier in der Entfernung von ungefähr 3 Linien gestellt. Als die Elektrizitätsmenge 2, die sich in 5 Flaschen befand, durch das Papier entladen wurde, fand keine Spur von Zersetzung statt; aber diese stellte sich sogleich gesetzmäßig ein, wenn dieselbe Elektrizitätsmenge auf 20 oder 25

Flaschen vertheilt gewesen war. Hier wurde der Gang der Elektrizität durch verringerte Dichtigkeit derselben in der Batterie verlangsamt; man erreicht dasselbe durch verringerte Leitung des Schließungsbogens. Als die Platinspitzen auf dem Papier 20 Linien von einander entfernt standen, wurde noch Zersetzung erhalten, als die Elektrizitätsmenge 3 aus 5 Flaschen entladen wurde.

Ich habe nur wenige Versuche angestellt, durch den Nebenstrom eine Magnetonadel abzulenken, und zwar ohne deutlichen Erfolg. Als die Hauptschließung ganz metallisch und in die Nebenschließung ein empfindlicher Multiplikator eingeschaltet war, wurde bei der Entladung der Batterie ein Schwanken der Nadel, aber keine deutliche Ablenkung bemerkt. Dasselbe war der Fall, als ich die Hauptschließung durch eine Wassersäule unterbrach. Diese mangelnde Wirkung des Nebenstromes ist leicht erklärlich, da nach der Beschaffenheit der Nebenschließung eine größere Elektrizitätsmenge in ihr nicht so langsam circuliren kann, als zur Bewegung der Magnetonadel erforderlich ist.

IV. *Ueber den Elektromagnetismus als bewegende Kraft;*

von *P. O. C. Vorsselman de Heer.*

Professor der Physik in Deventer.

(Aus *Meijlink's Nieuwe Schei-, Artsenijmeng en Natuurkundige Bibliotheek* (December 1838), vom Hrn. Verfasser mitgetheilt.)

Dal Negro zu Padua war der Erste, welcher einen Apparat verfertigte, worin der Elektro-Magnetismus als bewegende Kraft angewandt ward. Er nahm einen gewöhnlichen Magnetstab, der senkrecht zwischen den Armen eines weichen Hufeisens aufgestellt, und von unten um eine wagrechte Axe drehbar war. Als er nun das

weiche Eisen zu einem Elektromagneten machte, wurde das dem Eisen zugewandte Ende des Stabes durch einen der Pole angezogen, durch den andern abgestoßen, und so eine Schwankung in Richtung des freundschaftlichen Pols vollbracht. Darauf wurden die Pole umgekehrt: die Anziehung ging in Abstofsung über und umgekehrt; und so am Ende jeder Schwankung die Pole verwechselnd, bekam er eine fortdauernde *Schwingungsbewegung*. Es kostete nur wenig Mühe, die Schwingung des Stabes selbst als Mittel zur Verwechslung der Pole zu benutzen, während diese schwingende Bewegung durch bekannte Mittel in eine drehende und fortschreitende Bewegung verändert und zur Hebung von Lasten gebraucht ward. Auf diese Weise erhielt Dal Negro eine Maschine, durch die er 180 Grm. in einer Minute zur Höhe eines Meter hob. Diefs war die *Nutzwirkung* der ersten elektromagnetischen Maschine. Er beschrieb seine Versuche in einer Abhandlung: *Nuova Macchina elettro-magnetica immaginata dall' ab. Salvatore Dal Negro*, die in die *Annali delle scienze del Regno Lombardo-Veneto*, März 1834, aufgenommen ward.

Diese Vorrichtung von Dal Negro hat unzweifelhaft viele Gebrechen. Der Magnetstab, der durch seine Schwingung die Maschine in Bewegung setzte, wirkte nur durch Anziehung und Abstofsung eines seiner Pole. Ueberdies mußten die Arme des weichen Hufeisens dicht bei einander stehen, wodurch das Vermögen jeden Poles auf sich selbst geschwächt ward, aus demselben Grunde, weshalb ein Elektromagnet, der, mit einem Anker geschlossen, viele hundert Pfund tragen kann, an jedem einzelnen Pol ein nur unbedeutendes Gewicht trägt. Dal Negro suchte später diesem Mangel dadurch abzuhelfen, daß er, statt des Stabes, einen Hufmagnet anwandte.

Jacobi, in Königsberg, jetzt in Dorpat, suchte die Vortheile des Elektromagnetismus, als Mittel zur Bewegung, aus den Grundsätzen der Mechanik nachzuweisen.

Zugleich verfertigte er einen Apparat aus festen und beweglichen Stäben bestehend; die ersteren behielten fort-dauernd denselben Magnetismus, während die Pole der letzteren umgekehrt wurden. Statt einer *schwingenden* Bewegung bekam er demnach unmittelbar eine *drehende*, bei welcher Einrichtung aber nur einer der Pole eine Nutzwirkung ausübte. Einen ausführlichen Bericht von seiner Arbeit gab derselbe in der Schrift: *Mémoire sur l'application de l'Electro-magnetisme au mouvement des machines.*

Unseren Landsleuten, den Herren Stratingh und Becker zu Gröningen, gebührt die Ehre, die Ersten gewesen zu seyn, die den Elektro-Magnetismus zur Hervorbringung einer *fortschreitenden* Bewegung anwandten. Der elektro-magnetische Wagen, dessen Beschreibung man in der »*Letterbode*« vom December 1835 findet, beruht auf den Grundsätzen des rotirenden Stabes von Ritchie. Zwischen den Polen eines weichen Hufeisens ist ein ähnlicher Stab um eine senkrechte Axe drehbar. Beide werden zu Elektromagneten gemacht, und durch eine zweckmäßsig ausgeführte Verwechslung der Pole bekommt man eine drehende Bewegung, die durch ein Kronrad auf die horizontale Axe eines Wagens übertragen wird, und diesen in Bewegung setzt. Bei der Vorrichtung des Hrn. Stratingh wird der Strom des Elektromotors halbirt; der eine Theil dient zur Magnetisirung des Hufeisens, der andere zu der des Stabes. Ich habe es jedoch in meinem Apparat vortheilhaft gefunden, denselben Strom nach einander durch beide gehen zu lassen. Es klingt sonderbar, dafs Hr. S. aus diesem Grunde die Bewegung für unmöglich hielt. »In diesem Fall jedoch, sagt er, würde die bewegende Kraft wenig oder nichts seyn, und das Ganze wäre nichts anderes, als dafs man ein elektro-magnetisches Hufeisen in Verbindung brächte mit einem umgekehrten elektro-magnetischen Stab, welcher durch die gegenübergestellten Pole eine desto grössere Anzie-

hung der wechselseitigen Pole erfahren würde« (a. a. O. S. 408). Die Theorie indess, wie wir sogleich zeigen werden, erklärt das Ergebniss unseres Versuches vollkommen.

Unbekannt, wie es scheint, mit dem bereits von den HH. Stratingh und Becker Geleisteten verfertigte Botto zu Turin einen ähnlichen Wagen, dessen Beschreibung man in der *Biblioth. univers.* (Aout 1836) findet. Dieser indess war nichts mehr, als ein gewöhnliches Modell. Er bestand aus einem hölzernen Rad von 65 Zoll Durchmesser, welches um eine horizontale Axe drehbar war. An dem Umfang dieses Rades waren, parallel mit der Axe, zwölf Cylinder von weichem Eisen befestigt, die in Bewegung gesetzt wurden durch die Wirkung von acht hufförmigen Elektromagneten, deren Pole während jeder Umdrehung zwölf Mal umgekehrt wurden. Botto bewerkstelligte so, nach dem Vorbild von Dal Negro, die Pol-Umkehrung in dem *festen* Theil des Apparats, während sie in den Wägelchen von Stratingh in dem *beweglichen* Theil hervorgebracht ward. Das Gewicht der verschiedenen Theile des Apparats von Botto war folgendes:

Gewicht der Maschine mit dem Elektromotor	375 Kilogrm.
- des Rades	120 -
- eines jeden Cylinders	3 -
- - - - - Kufeisens	9 -

Der ganze Apparat wog demnach mehr als 600 Kilogrammen, und bewegte sich in den ersten 24 Secunden durch einen Raum von 2,4 Meter. Das Rad allein konnte durch die Wirkung von 1 Quadratmeter Zink in der Zeit von 4 Secunden ein Gewicht von 8 Kilogrammen zur Höhe von 1,5 Met. heben, so dafs der Nutzeffect vorgestellt wird durch ein Gewicht von 180 Kilogrammen, gehoben in 1 Minute zu 1 Met. Höhe. Nehmen wir an, der Apparat werde durch die Anwendung einer constanten Batterie 24 Stunden lang in Wirksam-

keit erhalten, so würde man damit $24 \times 60 \times 180 = 259200$ Kilogr. auf die Höhe von 1 Met. bringen können. Eine Maschine von Einer Pferdekraft bringt, nach Watt's Berechnung, in derselben Zeit 6 570 000 Kilogr. auf dieselbe Höhe, so dafs man, nach diesem Maafsstab, 25 Botto'sche Maschinen nöthig hätte, um die Wirkung Einer Pferdekraft hervorzubringen. Ich weifs nicht, dafs man irgendwo in Europa elektro-magnetische Versuche in einem gröfseren Maafsstabe ausgeführt hätte. Es wäre indess übereilt, aus dem Ergebnifs von Botto einen ungünstigen Schlufs rücksichtlich der möglichen Anwendung des Elektro-Magnetismus als Mittel zur Bewegung ziehen zu wollen.

In Amerika hat man sich in neuester Zeit mit vielem Eifer auf die Anfertigung elektro-magnetischer Werkzeuge gelegt. Page, Callan, Davenport haben den Elektromagnetismus auf verschiedene Weise als bewegendes Mittel angewandt. Der letztere hat sogar auf die Einführung solcher Werkzeuge ein Patent in den Vereinigten Staaten erlangt. Dieser Davenport ist ein Hufschmidt, in einem Dorfe bei Rutland, im Staate Vermont, ein Mann voll Eifer und Ausdauer, der aber, nach dem, was in Silliman's Zeitschrift von ihm zu lesen steht, mit dem wissenschaftlichen Theil der Sache so gut wie ganz unbekannt ist.

Die gröfste von ihm angefertigte Maschine hat ungefähr folgende Einrichtung. Auf einer lothrechten Axe sind, unter einander, mehre Stäbe von weichem Eisen befestigt, jeder 4 Pfund schwer, mit einem Abstand von $3\frac{1}{2}$ Zoll zwischen den Polen. Auf diese Weise hat er nicht weniger als 234 Stäbe auf derselben Axe vereinigt, die sich nun rechtwinklich längs einer gleichen Anzahl anderer fester Magnete bewegen, welche in dem Umfang eines Cylinders angebracht sind. Diese Vorrichtung, sagt er, habe eine Kraft von etwa zwei Tonnen (*of about two*

two tons power), ein Ausdruck, der mir nicht ganz deutlich ist.

Bei einer anderen Vorrichtung gebraucht derselbe nur zwei Hufmagnete, mit den Enden gegen einander gestellt, von welchen der obere beweglich ist, um eine senkrechte Axe, deren Stützpunkt sich in der Bucht des unteren befindet. Auf diese Weise, sagt er, solle man durch zwei Elektromagnete die größten Maschinen mit weniger Kosten als durch Dampf treiben können ¹⁾.

Callan ist noch weiter gegangen als sein Landsmann Davenport. Er versichert nicht nur, daß man die Dampfkraft durch den Elektro-Magnetismus ersetzen könne, sondern hat sogar ausgerechnet, wie viel man dadurch an Kosten soll sparen können. »Meine Versuche,« sagt er, »haben mir die Ueberzeugung gegeben, daß der Elektro-Magnetismus mit Vortheil zum Betriebe von Maschinen verschiedener Art gebraucht werden kann, und ich habe beschlossen eine Vorrichtung zu verfertigen, welche das Werk von einem und vielleicht von zwei Pferden verrichten soll. Die Vorrichtung soll aus 40 Elektro-Magneten bestehen, und ich glaube, daß man mit einer wirksamen Zink-Kupfer-Fläche von 6 Quadratfuß einen Wagen, belastet mit 13 Centnern, mit einer Schnelligkeit von 7 bis 8 Meilen engl. in der Stunde, bewegen kann.«

»Durch Rechnung, auf Versuche gegründet, bin ich zu folgenden Resultaten gelangt: 1) eine elektro-magnetische Maschine von demselben Vermögen als der beste Dampfwagen, der auf der Kingstown-Eisenbahn läuft,

- 1) „*Galvanism is, I trust, destined to produce the greatest results in the most simple form, and I hope not to be considered as an enthusiast, when I venture to predict, that soon engines, capable of propelling the largest machinery, will be produced by the simple action of two galvanic magnets and worked with much less expense than steam!*“ (Sturgeon's *Annals*, April 1838, p. 286.)

kann für 250 Lstrl. gemacht werden. 2) Das Gewicht einer solchen Maschine soll nicht größer seyn als 2 Tonnen. 3) Die jährlichen Unkosten, die der Ausbesserungen mit gerechnet, sollen nicht größer als 300 Lstrl. seyn.«

„Wenn meine Rechnung richtig ist, so kostet der Elektro-Magnetismus zur Fortschaffung der Wagen auf einer Eisenbahn höchstens ein Viertel so viel als der Dampf. Ich habe gefunden, dafs die Ausgaben für den Kauf und den Betrieb elektro-magnetischer Maschinen nur wachsen wie die Quadratwurzeln aus ihrer Zugkraft. So würde eine Maschine von 100 Pferdekraften, Ankauf und Ausbesserung eingeschlossen, höchstens zehn Mal so viel kosten als eine Maschine von Einer Pferdekraft. Ein Elektromotor, dessen wirksame Zink-Kupfer-Fläche 10 Quadratfufs beträgt, würde eine Maschine betreiben können, hundert Mal vermögender als die, welche durch eine Zink-Kupfer-Fläche von 1 Quadratfufs in Bewegung gesetzt wird.« (Sturgeon's *Annals*, Oct. 1837, p. 494.)

Später hat Callan noch stärkere Dinge behauptet. Er glaubt im Stande zu seyn, eine Maschine zu verfertigen, die mit weniger als *Einem Geviertfufs* Zink so viel als Eine Pferdekraft leiste ¹⁾).

Bei der letzten dieser Behauptungen sollte man wohl in Versuchung kommen, seine Actien bei unserer Dampfschiffahrts-Gesellschaft so bald wie möglich zu verkaufen. Inzwischen würde Callan vorsichtiger gehandelt haben, wenn er seine großen Pläne im Stillen zur Ausführung gebracht hätte, ehe er bei dem Publicum so viel Aufhebens davon machte. Er würde dann nicht in die

1) „*The experiments, which I have already made, give me every reason to think, that I shall be able to construct an engine, which, with a battery of less than a square foot of zinc will do the work of one horse* (Sturgeon's *Annals*, April 1838, p. 318).

unangenehme Nothwendigkeit versetzt seyn, später zu erklären, daß der Erfolg, durch unvorhergesehene Umstände, keineswegs seinen Erwartungen entsprochen habe. Die Umstände aber, die verhindern, mit weniger als Einem Geviertfuß Zink eine Maschine von Einer Pferdekraft zu betreiben, sind, dünkt mich, nicht so fern zu suchen. Er hätte sie voraussehen können, wenn er sich mit dem wissenschaftlichen Theil der Sache genugsam bekannt gemacht, und seine Rechnung wirklich auf genaue Versuche gegründet hätte. Dann würde seine Arbeit aus wissenschaftlichem, und folglich auch aus practischem Gesichtspunkt einigen Werth erlangt haben, während seine Berechnungen, so wie sie jetzt sind, nicht das mindeste Vertrauen einflößen können.

Inzwischen hat die Möglichkeit, den Elektro-Magnetismus als neue bewegende Kraft zu gebrauchen, die Aufmerksamkeit auch einiger wissenschaftlichen Männer in den Vereinigten Staaten auf sich gezogen. Man höre nur was Silliman in seiner geachteten wissenschaftlichen Zeitschrift, die zu New-Haven erscheint, darüber sagt. Ich gebe die Stelle in der Ursprache, um Nichts an dem Dichterischen des Ausdrucks zu schmälern: *Science*, sagt er, *has most unexpectedly placed in our hands a new power of great but unknown energy. It does not wake the winds from their caverns, nor give wings to water by the urgency of heat, nor drive to exhaustion the muscular power of animals, nor operate by complicated mechanism, nor accumulate hydraulic force by damming the vexed torrents, nor summon any other form of gravitating force, but by the simplest means, the mere contact of metallic surfaces of small extent, with feeble chemical agents, a power everywhere diffused through nature, but generally concealed from our senses, is mysteriously evolved and by circulation in insulated wires, it is still more mysteriously augmented a thousand and a thousand fold, until it breaks forth with incredible*

energy; there is no appreciable interval between its first evolution and its full maturity and the infant starts up a giant.»

So steht es jetzt mit dem Elektromagnetismus. Wird diese neue Kraft, wenigstens in einigen Fällen, wirklich mit Vortheil den Dampf ersetzen können? Ich höre, dafs es geschickte Mechanici in unserem Vaterlande giebt, die solch eine Voraussetzung als eine vollständige Ungereimtheit verwerfen. Sie lassen wohl das Wägelchen von Stratingh für ein ganz artiges Spielzeug gelten, würden uns aber mit einem mitleidigen Lächeln belohnen, wenn wir an die Möglichkeit einer solchen Maschine im Grofsen glauben wollten. Solch eine Handlungsweise ist für den Mann von wissenschaftlicher Bildung ungeziemend, und sofern er durch sein Ansehen die Lust zur Beförderung einer guten Sache bei Anderen vermindert, sogar tadelnswerth. Der Elektromagnetismus ist eine Kraft *»of great but unknown energy.*» Man darf nicht verwerfen, was man nicht kennt; oder haben denn die Mechanici in der That so tüchtige Gründe, dafs sie ihr absprechendes Urtheil rechtfertigen könnten; warum machen sie dieselben nicht bekannt, damit Andere von ihrem Irrthum befreit werden, und ihre Zeit auf etwas Besseres verwenden können? Im Gebiet der Naturkunde kann allein das Ansehen von Thatsachen gelten, und da durch diese, so viel ich weifs, noch nichts entschieden ist, so werde ich mir die Freiheit nehmen, einen Apparat zu beschreiben, bei dem der Elektro-Magnetismus auf eine besondere Weise als bewegende Kraft angewandt wird. Vielleicht wird diese Vorrichtung, bei möglicher Anwendung, einigen Vortheil verschaffen, und wenn dieselbe niemals eine Anwendung finden sollte, ist sie vielleicht noch artig genug, um unter den Spielereien der Physiker einen Platz zu erhalten.

In dem Wägelchen von Stratingh, wie in den meisten anderen Apparaten, wird der bewegliche Stab

rechtwinklich vor den Polen des festen Hufeisens oder Cylinders vorübergeführt. Das Eigenthümliche meiner Vorrichtung besteht darin, daß die Stäbe nicht *rechtwinklich*, sondern *parallel* an einander gestellt sind, so daß *jeder* Punkt des festen Stabes auf *jeden* Punkt des beweglichen eine wechselseitige Wirkung ausübt, und diese Wirkungen vereinigen sich sämmtlich, um die Bewegung in derselben Richtung hervorzubringen. Vier Stäbe von weichem Eisen sind in dem Umfang einer cylindrischen Hülle befestigt, so daß sie die vier Kanten eines in dem Cylinder beschriebenen Parallelepipedums bilden (Taf. II Fig. 2). Die Stäbe sind mit Kupferdraht umwunden, welcher bei dem ersten und dritten Stab eine *linkslaufende*, bei dem zweiten und vierten eine *rechtslaufende* Schraube bildet, von denen die vier Enden wechselseitig mit einander vereinigt sind, und in den Punkten *A* und *B* zusammenkommen. Bringt man also die beiden Enden in Verbindung mit einem Elektromotor, so muß der elektrische Strom an den Punkten *A* und *B* in vier Theile zerfallen; alle Stäbe müssen magnetisch werden, und zwar, wegen gleicher Länge und Anzahl der Windungen, in gleichem Grade, während die Pole in I und III die entgegengesetzten seyn müssen von denen, welche in II und IV an derselben Kante sich befinden. Diefs ist der *feste* Theil der Vorrichtung, in welchem die Stäbe beständig denselben Magnetismus behalten.

Beinahe auf dieselbe Weise ist der *bewegliche* Theil eingerichtet. Auch hier sind vier Stäbe in der Form eines rechtwinklichen Parallelepipedums aufgestellt, und mit hölzernen Armen an einer horizontalen kupfernen Axe befestigt, um welcher dieser inwendige Cylinder beweglich ist. Man macht die Vorrichtung so, daß die vier inneren Stäbe sich so dicht wie möglich neben den vier äußeren befinden. Das Ganze hat also einige Aehnlichkeit mit einer Haspel, weshalb ich glaube, daß man

diese Vorrichtung füglich eine *elektro-magnetische Haspel* nennen könnte.

Die vier beweglichen Stäbe sind mit Kupferdraht umwunden, und zwar 1 und 3 *links-*, 2 und 4 *rechtslaufend*, während die vier Enden an der Seite auf der Kupferaxe selbst befestigt sind, und die vier Enden an der anderen Seite verbunden werden mit einer kupfernen Hülse, die von der Axe selbst gut isolirt ist. Wenn man demnach diese Hülse mit dem einen, und die Axe selbst mit dem anderen Pol eines Elektromotors verbindet, müssen auch diese vier Stäbe magnetisch werden, und zwar 1 und 3 im entgegengesetzten Sinn als 2 und 4. Gesetzt nun, der Apparat sey so gestellt, dafs die Stäbe I, 1, II, 2 u. s. w. einander sehr nahe liegen, und es werde dann durch den festen und beweglichen Theil ein elektrischer Strom geleitet, solchergestalt, dafs diese Stäbe respective in gleicher Richtung magnetisirt werden, so mufs zwischen all den Stäben eine gegenseitige Abstofsung eintreten, und das magnetische Gleichgewicht kann erst hergestellt seyn, wenn der bewegliche Theil eine Viertel-Umdrehung vollbracht hat. Wenn man demnach vier Mal während jeder Umdrehung die Pole der beweglichen Stäbe verwechselt, mufs eine andauernde Rotation erfolgen. Die Pol-Verwechslung wird nun durch die Bewegung der Maschine selber folgendermassen vollbracht.

Auf der kupfernen Hülse sind hinter einander zwei Kupferscheiben angebracht, die in zwei verschiedene Quecksilbernäpfe *a* und *b* eintauchen (Taf. II Fig. 3 und 2). Von jeder Scheibe sind zwei gegenüberstehende Quadranten ausgeschnitten, so, dafs, wenn man die beiden Scheiben gerade vor sich stellt, der weggeschnittene Theil der einen dem übriggebliebenen Theil der andern bedeckt, und das Ganze als eine einzige Scheibe erscheint. Läfst man nun die Vorrichtung rotiren, so mufs die Hülse bei jeder Viertel-Umdrehung mit einem an-

dem Quecksilbernäpfchen, *a* oder *b*, in Verbindung kommen. Zwei ähnliche Scheiben sind dicht bei der Hülse auf der Axe selbst befestigt; die eine bewegt sich in dem Quecksilbernäpfchen *b*, die andere in einem dritten Quecksilbernäpfchen *c*, das mit dem Näpfchen *a* verbunden ist. Durch eine solche Einrichtung kann man bei jedem Umgang die Pole so oft verwechseln, wie man will. Es ist dazu nur nöthig, aus der einen Scheibe wegzuschneiden, was man in der anderen stehen läßt. Es ist der Grundsatz von Neeff's *Blitzrad*, auf eine andere Weise angewandt und als *Commutator* benutzt.

Ich hätte gewünscht, den Gebrauch von Quecksilber durch kupferne Federn ersetzen zu können, wie es in Clarke's magneto-elektrischer Maschine geschieht; die Einrichtung bleibt dabei im Grunde dieselbe, allein man hat mir hier eine solche Vorrichtung nicht mit hinlänglicher Genauigkeit verfertigen können. — Uebrigens ist klar, daß die Scheiben so gestellt seyn müssen, daß sie in das Quecksilber eintauchen oder es verlassen, im Augenblick, da die beweglichen und festen Stäbe einander am nächsten sind. Und zwar wird dabei immer ein Augenblick seyn, da zwei Scheiben gleichzeitig in dasselbe Quecksilbernäpfchen tauchen; doch bringt dies keinen anderen Nachtheil hervor, als daß man während dieser Zeit den Strom unterbricht oder merklich schwächt.

Um nun die Haspel zum Rotiren zu bringen, würde man für den festen und für den beweglichen Theil einen besonderen Elektromotor gebrauchen können; doch läßt sich auch dasselbe mit einem einzigen Plattenpaar oder einer einzigen Batterie bewerkstelligen. Im letzten Fall kann man zwei Wege einschlagen. Man kann 1) den Strom in zwei Theile zerfallen, und dabei den einen die festen, den anderen die beweglichen Stäbe magnetisch machen lassen, oder auch 2) *denselben* Strom nach einander durch beide gehen lassen.

Im ersten Fall bringt man das Ende *A* an den fe-

sten Stäben in das Nöpfchen *a* oder *c*, und *B* in *b*, während die Enden des Elektromotors mit diesen beiden Quecksilbernöpfchen vereinigt werden. Je nach der Stellung der Scheiben, die als Commutatoren dienen, wird nun eine Rotation in dieser oder jener Richtung erfolgen. Die Richtung wird sich nicht verändern, so lange man die Pole des Elektromotors nicht verwechselt; so wie man aber das Ende *A* in *b*, und *B* in *a* oder *c* bringt, wird eine Rotation in entgegengesetzter Richtung erfolgen. Diese Erscheinung bedarf für den, der mit dem Elektro-Magnetismus bekannt ist, keiner weiteren Erklärung.

Um die Rotation durch *denselben* Strom zu bewerkstelligen, bringt man den Draht *B* in das Quecksilbernöpfchen *b*, während die Pole des Elektromotors an der einen Seite mit *A*, an der andern mit *a* Quecksilbernöpfchen *a* oder *c* verbunden sind. Es erfolgt nun eine Rotation, deren Richtung sich wiederum nicht ehe verändert, als bis die Enden des Elektromotors verwechselt werden, die aber in die entgegengesetzte übergeht, so wie man *B* in das Quecksilbernöpfchen *a* oder auch *A* in *b* gebracht hat, während der Elektromotor im ersten Fall mit *A* und *b*, im letzten mit *B* und *a* vereinigt wird.

Im Allgemeinen kann man nicht voraus bestimmen, welche der beiden Methoden den Vorzug verdient. Diefs hängt ganz ab, sowohl von der Kette, die man anwendet, als von dem Widerstand, den der Strom in dem festen und beweglichen Theile der Vorrichtung zu überwinden hat, d. h. mit anderen Worten, von der Drahtlänge, die er durchlaufen muß. Wenn man die verschiedenen Arten des Widerstandes, auf bekannte Weise, in Länge eines und desselben Drahts bestimmt hat, läßt sich die Intensität des Stroms, von dem der Magnetismus abhängt, in jedem dieser Fälle leicht berechnen. Diese Formeln, die durch die schönen Versuche von

Fechner und Pouillet vollkommen bewiesen, aber dennoch, wie es scheint, vielen Physikern gänzlich unbekannt sind ¹⁾), mögen hier eine Stelle finden. Nennen wir den Widerstand

$$\begin{aligned} \text{des Elements der Batterie} &= R \\ \text{des festen Theils der Vorrichtung} &= r \\ \text{des beweglichen Theils desselben} &= r', \end{aligned}$$

dann wird die Intensität des Stroms, der die beiden Drähte *nach einander* durchläuft, vorgestellt durch:

$$I = \frac{C}{R+r+r'} \dots \dots \dots (I)$$

C ist eine Größe, die constant bleibt für jedes Zink-Kupfer-Element, worin Wasser als Elektrolyt gebraucht wird, es sey dieß Wasser mit Schwefelsäure, Salpetersäure oder Alkalien vermengt oder nicht. Sobald aber die angewandte Säure selber ein Elektrolyt ist, wie z. B. die Salzsäure, so wird der Werth von C verändert, und zwar, wie ich anderswo gezeigt habe, verringert.

Hat man dagegen, nach der von Hrn. Stratingh bei seinem Wägelchen befolgten Methode, den Strom in zwei Theile zerfällt, so findet man dessen Intensität:

$$\left. \begin{aligned} \text{im festen Theil} &= \frac{C}{R+r+\frac{Rr}{r'}} \\ \text{im beweglichen Theil} &= \frac{C}{R+r'+\frac{Rr'}{r}} \end{aligned} \right\} \dots (II)$$

Die Vergleichung der Formeln (I) und (II) für bekannte Werthe von R , r , r' muß entscheiden, ob man die Rotation nach der einen oder der anderen Methode zu bewerkstelligen habe.

1) Leider nur zu vielen! Gewiß würden wir mit mancher, ganz unhaltbaren Hypothese in der Lehre vom Galvanismus verschont geblieben seyn, wenn die Urheber derselben sich ein wenig mit den eben so einfachen als fruchtbaren Principien der Ohm'schen Theorie bekannt gemacht hätten.

Bei der Haspel, die wir beschrieben haben, kann man, da der Strom abwechselnd durch Quecksilber und durch eine gleiche Drahtlänge laufen muss, $r=r'$ setzen. Der Strom hat nun, wenn er auch in zwei Theile zerfällt worden, in dem festen und beweglichen Theil die nämliche Intensität, die ausgedrückt wird durch:

$$I = \frac{C}{2R+r} \dots\dots\dots (II)$$

während, wenn er die beiden Theile *nach einander* durchläuft, die Intensität hat:

$$I = \frac{C}{R+2r} \dots\dots\dots (I)$$

Wenn demnach $R+2r < 2R+r$ oder $r < R$, muss die Intensität in dem letzten Fall gröfser seyn. So oft also der Widerstand im Element selber gröfser ist als der, welchen der Strom in Einem der beiden Leitdrähte erfährt, muss man die Verbindung gerade auf die Weise ausführen, bei welcher Hr. Stratingh eine Bewegung für unmöglich hielt. Sonderbar genug ist just diefs der gewöhnlichere Fall. Wenn man kein Element mit sehr grofser Oberfläche und starker Säure oder keine sehr lange Leitdrähte anwendet, ist $R > r$ und der *einfache* Strom vor dem *getheilten* zu wählen. Berechnen wir, um diefs zu thun, den Widerstand eines Elements, dessen Zink eine wirksame Oberfläche von 16 Quadratpalmen ¹⁾ besitzt, während die Dicke der flüssigen Schicht 1 Zoll holl. und deren Leitvermögen = 0,1, die einer gesättigten Kupfervitriol-Lösung = 1 gesetzt. Drücken wir diesen Widerstand durch die Länge L eines d Zoll holl. dicken Kupferdrahts aus, so haben wir zunächst:

$$\frac{0,01}{40 \times 40 \times 0,1} = \frac{L}{d^2 \times \frac{1}{4} \pi \times 15000000}$$

da das Leitvermögen des Kupfers, nach Pouillet,
= 15000000

1) 3 Palmen einen holländischen Fufs.

ist, wenn die einer gesättigten Kupfervitriol-Lösung durch **I** ausgedrückt wird. Wir finden hieraus, in Metern:

$$L = 736 d^2.$$

Der gewöhnliche Kupferdraht, dessen sich auch Hr. Stratingh bediente, ist 1^{mm} dick, und so wird das Element, welches wir hier voraussetzen, dem Strom denselben Widerstand leisten, wie wenn dieser durch 7^m,36 Kupferdraht gehen müßte. Auf solche Weise kann man für jeden Fall den Widerstand des Elektromotoren in Rechnung bringen, sobald man nur das Leitvermögen der angewandten Flüssigkeit kennt. Hieraus erhellt, daß es just nicht immer vorzüglich ist, den Windungen die Gestalt zu geben, welche Hr. S. nach dem Vorbild von Anderen gewählt hat, wobei man nämlich »die Enden jeder Lage von Windungen mit dem allgemeinen Hauptleitdraht verbindet, und auch die Windungen in zwei Theile vertheilt und wieder vereinigt, um den Lauf des elektrischen Stroms zu verkürzen und dadurch zu beschleunigen« (*Letterbode*, 11. Dec. 1835, p. 406). Diese Anordnung wird nur dann einigen Vortheil gewähren, wenn die gesammte Drahtlänge dem Strom einen stärkeren Widerstand darbietet, als das angewandte Element selbst.

Bei dem Wagen der HH. Stratingh und Becker ist jedoch noch ein anderer Grund, warum man den einfachen Strom dem getheilten vorziehen muß. An dem Modell, welches sich im Kabinett des Athenaeum zu Deventer befindet, so wie an allen von mir gesehenen Wagen, wird die Pol-Verwechslung durch zwei Stäbchen bewirkt, die auf einer Kupferscheibe hingleiten, so in zwei vertheilt, daß jede Hälfte abwechselnd mit einem der Stäbchen in Berührung ist. Auf diese Weise hat man den Gebrauch des Quecksilbers vermieden, dessen man sich bei der in der *Letterbode* a. a. O. beschriebenen Vorrichtung bedient. Inzwischen ist hiedurch der Widerstand für den Strom in dem beweglichen Theil

der Vorrichtung ansehnlich vermehrt, besonders da die Stäbe nicht zu fest auf die Scheibe drücken dürfen, um die Bewegung nicht zu hemmen. Eine natürliche Folge hievon ist, daß die Hufeisen einen viel stärkeren Magnetismus bekommen, als die Stäbe, und diese letzteren gleichsam überwältigt werden, wodurch die Bewegung des Ganzen ausbleibt oder ruck- und stoßweise geschieht. So habe ich es beständig gefunden; selten konnte ich meinen Wagen anders zum Laufen bringen, und die Versuche waren mir viel zu unsicher, als daß ich sie den Mitgliedern unserer Naturkundigen Gesellschaft zeigen durfte.

Endlich habe ich den Grundsatz des getheilten Stroms aufgegeben, und um den eben besprochenen Widerstand besser zu überwinden, anstatt eines einzelnen zwei oder drei Elemente gebraucht, die auf diese Weise zu einem Trog vereinigt sind. Dadurch ist zwar die Last, die der Wagen tragen muß, vergrößert; allein obschon die Oberfläche jeden Elements höchstens $1\frac{1}{2}$ Quadratpalmen beträgt, geschieht die Bewegung mit der größten Regelmäßigkeit, und ich habe, bei gehöriger Vorsicht, nicht mehr zu fürchten, daß die Versuche mißglücken. Daß man, sobald der Leitdraht einen stärkeren Widerstand darbietet, *dieselbe* Metalloberfläche mit Vortheil in mehre Elemente vertheilen kann, ist bekannt. Wird der Widerstand des Leitdrahts durch r , und der des ganzen Elements durch R vorgestellt, so ist die Intensität des Stroms:

$$I = \frac{C}{R+r},$$

und wenn man dieselbe Gesamtfläche in m Paare theilt, hat man:

$$I = \frac{mC}{m^2R+r}.$$

Die nützlichste Wirkung ergibt sich, wenn $mR + \frac{r}{m}$ ein Minimum oder $m = \sqrt{\frac{r}{R}}$ ist.

Das Modell der elektro-magnetischen Haspel bietet dem Strom nur einen geringen Widerstand dar. Hier erlangt man denn auch die größte Wirkung durch Anwendung eines einfachen Elements, und in der That läßt die Schnelligkeit und Regelmäßigkeit der Bewegung nichts zu wünschen übrig. Das Modell ist aber zu klein und zu unvollkommen, um aus dessen Wirkung ein bestimmtes Resultat ableiten zu können. Es scheint mir jedoch, daß die *parallele* Bewegung der Stäbe einigen Vortheil mit sich bringe. Man wird mir einwerfen, daß die Stäbe nicht sehr dicht an einander gebracht werden können, weil für die Windungen ein hinlänglicher Abstand zwischen beiden bleiben muß. Vielleicht ist dieser Einwurf gegründet, obgleich man nicht vergessen darf, daß die Windungen selbst, die der elektrische Strom durchläuft, wechselseitig eine Anziehung und Abstofsung ausüben. Sollte sich aber ergeben, daß diese Wirkung nicht genügend sey, um den aus dem größeren Abstand der Stäbe entspringenden Nachtheil aufzuwiegen, so könnte man die letzteren an den Enden hufförmig umbiegen, wie in Fig. 4 Taf. II, wodurch die Pole so nahe wie möglich und parallel an einander vorbei geführt werden. Diese Einrichtung ist gewiß vollkommener, als die von zwei Hufmagneten, mit welcher Davenport die größten Maschinen (*the largest machinery*) fortreiben will.

Wird nun diese elektro-magnetische Haspel ein Mal dazu dienen können, die Axen unserer Fabriken in Bewegung zu setzen? Werden wir den Wagen des Hrn. Stratingh bloß auf den Tischen unserer Hörsäle oder vielleicht noch auf der Straßse von Amsterdam nach Harlem fahren sehen? Kurz ist es möglich, durch den Elektro-

Magnetismus, wenn auch nur in einzelnen Fällen, den Dampf zu ersetzen, und wenn dem so ist, wird der Er-satz mit einigem Vortheil gepaart seyn?

Ich glaube, dafs, um diese Frage bestimmt und gründlich zu beantworten, der Wissenschaft, vor wie nach, die nöthigen Data fehlen. Inzwischen ist schon viel gethan, was zu einer vollständigen Lösung der Aufgabe dienen kann, und das Fehlende kann durch fernere Versuche leichtlich ausgefüllt werden. Die Versuche müssen aber einigermaßen im Grofsen angestellt werden, und übersteigen dadurch die Mittel, über welche die meisten unserer Physiker zu gebieten haben. Allein die Art der Untersuchung kommt mir nicht unmöglich vor, und ich glaube, dafs man für ein Paar tausend Gulden die Sache vollkommen in's Reine bringen könnte. Sicher ist der Gegenstand belangreich genug, um einige Unterstützung seitens der Regierungen zu verdienen. Der Kaiser von Rußland hat bereits ein Vorbild gegeben, das Nachahmung verdient, und wenn die Kenntnifs und der Eifer der russischen Gelehrten dem überreichen Schutz ihres Monarchen entsprechen, haben wir von dort bald etwas Treffliches zu erwarten. Betrachten wir indess die Art der Aufgabe etwas näher.

Bei der Anwendung, sowohl des Dampfs als des Elektro-Magnetismus, hat man *Wasser* nothwendig; im ersten Fall wird es *verdampft*, im letzteren *zersetzt*. Zur Verdampfung gebraucht man *Wärme*, und folglich Kohlen, Holz, Brennstoff, — zu der Zersetzung ist *chemische Wirkung* erforderlich, und hiezu Zink. Die Frage ist nun, auf welchem Wege man die grösste Kraft mit den geringsten Kosten hervorbringen könne.

Wie viel Pfund Zink sind erforderlich, um eine Maschine von der Kraft eines, zehn oder hundert Pferden zu betreiben?

Das ist die Lebensfrage des Elektro-Magnetismus, und so lange sie nicht beantwortet ist, sind alle Hoff-

nungen und Schlüsse, die man *für* und *gegen* die Sache anführt, nur eitel und verführerisch. Ist aber einige Hoffnung da, zur Lösung der Aufgabe zu gelangen? Ich glaube ja. Das Gewicht Zink, welches nöthig ist, um einer bestimmten Masse Eisen eine bestimmte Magnetkraft zu geben, muß eben so gut zu bestimmen seyn, als man das Gewicht Kohlen berechnen kann, das erfordert wird, um eine bestimmte Menge Wasser auf einen bestimmten Grad zu erhitzen. Sehen wir kurz, was man bereits weiß und was noch gefunden werden muß, um die Frage auf eine vollständige und entscheidende Weise zu beantworten.

Die Menge Zink, die in einer gegebenen Zeit aufgelöst wird, steht im geraden Verhältniß der Intensität des Stroms, und folglich im umgekehrten der gesammten Länge der Kette.

Dieser Grundsatz folgt aus dem Gesetz der festen Elektrolysation von Faraday, verbunden mit den Versuchen von Pouillet ¹⁾. Ich spreche hier allein von dem Zink, das voltaisch oxydirt wird, wie der Fall ist, wenn chemisch reines Zink angewandt wird. Nur dieser Theil allein bringt einen elektrischen Strom in der Kette hervor. Das Uebrige geht verloren, ohne Nutzwirkung, es sey denn, daß man sich Wasserstoff auf Kosten von Zink verschaffen wollte. Bei dem gewöhnlichen, im Handel vorkommenden Zink findet demnach ein großer Verlust statt, den man indess durch Amalgamation der Platten bedeutend verringern kann. Dieser Verlust hängt ganz von der Zusammensetzung des Metalls und der Natur der Oberfläche ab; er beträgt zuweilen 10 und 12 Mal mehr als die Menge Zink, welche voltaisch oxydirt wird, und dadurch Elektrizität in die Kette bringt. Man wird also vor allem auf die Beschaffenheit des Zinks genau zu achten haben.

Wenn man nun die Menge Zink kennt, die nöthig

1) Becquerel's *Traité*, T. V p. 280. (Ann. Bd. XXXXII S. 303.)

ist, um in einer Kette von bestimmter Länge, während einer gegebenen Zeit, einen Strom von bestimmter Intensität zu unterhalten, so kann man, durch bekannte Grundsätze, das Gewicht Zink berechnen, das zur Hervorbringung eines Stroms von anderer Intensität in einer andern Kette erfordert wird. Hiemit wird dann bereits ein bedeutender Theil der Frage beantwortet seyn.

Ferner muß man wissen, auf welche Weise die Magnetkraft, die man zu erhalten wünscht, von der erregten Elektrizität abhängt. Die Magnetkraft wird bestimmt:

- 1) Durch die Beschaffenheit und die Abmessungen des Eisens, welches man magnetisiren will.
- 2) Durch die Anzahl der Windungen.
- 3) Durch die Intensität des Stroms, der die Windungen durchläuft.

Wenn *derselbe* Elektromagnet nach einander mit verschiedenen Elektromotoren verbunden wird, ist die *Tragkraft*, welche das Eisen erlangt, *im geraden Verhältniß der Intensität des Stroms*. Dieser Satz folgt auf eine entscheidende Weise aus den Versuchen von Jacobi. Weifs man also, wie viel das Eisen durch Wirkung eines bestimmten Elektromotors trägt, so kann man daraus das Gewicht berechnen, welches derselbe Elektromagnet unter dem Einfluß eines andern Elektromotors tragen wird. Kennt man sonach den Widerstand des Elements und der das Eisen umgebenden Spirale, so ist ein einfacher Versuch genügend, um das Maximum der Tragkraft diesem bestimmten Elektromagneten zu geben; man erhält dies Maximum, wenn man den Widerstand des Elements $=0$ setzt. Auf diese Weise bestimmt man die Magnetkraft *desselben* Stücks Eisen, das mit *derselben* Spirale umwunden ist; und wobei allein der Elektromotor verändert worden.

Man nehme nun zwei Stücke Eisen, die in allem vollkommen gleich, aber mit verschiedenen Spiralen umgeben sind,

sind, und lasse durch beide *denselben* elektrischen Strom gehen: auf welche Weise wird nun die Magnetkraft von der Art der Windungen abhängen? Diefes ist, so viel ich weiß, noch nicht untersucht, aber höchst wahrscheinlich werden hier dieselben Gesetze gelten, welche Lenz für die umgekehrten magneto-elektrischen Wirkungen gefunden hat ¹⁾. Ist dies der Fall, wie es scheint, so dürfen wir folgenden Satz annehmen:

»Wenn zwei gleiche Stücke Eisen mit verschiedenen Spiralen, durch die *derselbe* Strom geht, umwunden sind, so ist die entwickelte Magnetkraft im geraden Verhältniß zur Anzahl der Windungen, und unabhängig von der Dicke, der Weite oder der Substanz dieser Windungen.« Diese letzteren üben nur in sofern einen Einfluß auf die hervorgebrachte Magnetkraft aus, als sie die Intensität des Stroms verändern; und diese Veränderung läßt sich in jedem Fall berechnen.

Auf diese Weise kann man für *dasselbe* Stück Eisen die Veränderung der Tragkraft bestimmen, wenn beide, die Spirale und der Elektromotor, verändert werden.

Aber nun bleibt noch eine wichtige Frage zu beantworten übrig: »Wenn man *dieselbe* Spirale und *denselben* Elektromotor gebraucht: wie wird dann die entwickelte Magnetkraft von der Länge, Dicke und Beschaffenheit des Eisens abhängen?

Für die Beantwortung dieser Frage ist noch nichts gethan; zwar hat man gefunden, dafs zwischen der Länge und Dicke der Stäbe ein gewisses Verhältniß besteht, bei dem man die grösste Nutzwirkung erhält; allein die Gesetze, durch welche das Verhältniß bestimmt wird, sind noch alle aufzusuchen. — Auf diesen Punkt muß demnach die Aufmerksamkeit zuerst gerichtet werden. Anlangend die Beschaffenheit, durch welche das Eisen mehr oder weniger zu temporären Magneten geschickt wird, so scheint diese hauptsächlich durch den Kohlen-

1) Poggendorff's Annalen, 1835, Bd. XXXIV S. 385.

Poggendorff's Annal. Bd. XXXXVII.

stoffgehalt bestimmt zu werden. Gegossenes Eisen, das den meisten Kohlenstoff enthält, ist völlig unbrauchbar. Was die Abmessungen der Stäbe betrifft, so wird man wahrscheinlich auch hier zu einem einfachen Resultat gelangen, und so die Aufgabe lösen können:

Gegeben ist eine gewisse Menge Eisen von bestimmter Beschaffenheit, wie viel Stäbe muſs man davon machen, wie groſs müſſen diese Stäbe seyn, mit wieviel Draht hat man sie zu umwinden, und was für einen Elektromotor muſs man anwenden, um mit einem Minimum von Zink die Summe der erregten Magnetkraft zu einem Maximum zu erheben.

Hiebei wird man auch besonders die Vortheile, welche Einige den *hohlen* Stäben zuschreiben, untersuchen müssen, und das nicht blofs, wenn sie in Ruhe sind, sondern auch, wenn sie, wie bei den elektro-magnetischen Maschinen der Fall ist, mit einer gewissen Geschwindigkeit bewegt werden.

Endlich bleibt noch ein wichtiger Punkt zu untersuchen. Es kommt darauf an, die erregte Magnetkraft als bewegende Kraft zu gebrauchen. Man muſs wissen, wie viel Pfund auf diese Weise in einer gegebenen Zeit auf eine gegebene Höhe gebracht werden können. Klar ist, daſs es hier nicht auf die Tragkraft des Magneten ankommt, wohl aber auf die Anziehung und Abstofsung, die in die Ferne ausgeübt wird. Wenn zwei Magneten von bestimmter Gestalt und Kraft, d. h. die unter dem Einfluſs des Erdmagnetismus eine bestimmte Anzahl Schwingungen vollbringen, einander, es sey rechtwinklich oder parallel, genähert werden, — mit welcher Kraft werden sie auf einander wirken, welches Gewicht ist erforderlich, die Anziehung oder Abstofsung aufzuheben? Wie hängt das Gewicht von dem gegenseitigen Stand der Magnete ab? Auch dieser Punkt kann durch Versuche aufgeklärt und dadurch die *bewegende Kraft* bestimmt werden, die sich durch eine gegebene Magnetkraft hervorbringen läſt.



So wird man dann alle Elemente besitzen, die zu einer gründlichen Beantwortung der vorgelegten Frage führen müssen. Man wird wissen:

1) Wie die bewegende Kraft von der erregten Magnetkraft abhängt.

2) Wie die Magnetkraft durch die entwickelte Elektrizitätsmenge bestimmt wird.

3) Wie die entwickelte Elektrizitätsmenge mit der verbrauchten Zinkmenge zusammenhängt.

Mehr ist zur Lösung der Aufgabe, die wir die Lebensfrage des Elektromagnetismus genannt haben, nicht nöthig: »*Wie viel Pfund Zink werden erfordert, um eine Kraft von einer, zehn, hundert Pferdekräften hervorzubringen?*»

Ich habe den Gang der Untersuchung nur flüchtig angedeutet. Mögen geschicktere Physiker und die über größere Hilfsmittel zu gebieten haben, diese Lücken in unseren Kenntnissen ausfüllen, damit sowohl die günstigen als die ungünstigen Vorurtheile durch hellere und genauere Begriffe verdrängt werden. Und sollte es sich ergeben, daß diese neue Kraft keine Schiffe und keine Wagenzüge in Bewegung setzen kann, sollte ihre Nutzwirkung auch nicht in *dynames*, sondern nur in *millidynames* berechnet werden müssen, auch dann würde sie, in unendlich vielen Fällen, eine nützliche Anwendung finden können. Es kommt nur darauf an zu wissen, ob es ein *wohlfeiles* Bewegungsmittel seyn werde. Die Dampfkraft kann nur dann mit Vortheil angewandt werden, wenn es große Lasten zu bewegen giebt. Eine Dampfmaschine, welche die Arbeit eines Mannes z. B. verrichten sollte, wäre ein sehr unnützes Werkzeug, und doppelt würde sie es seyn, wenn man sie nicht fortwährend, sondern nur dann und wann, mit Unterbrechungen, gebrauchen wollte. Gerade dann, bei kleineren Maschinen, würde man den Elektro-Magnetismus in vielen Fällen anwenden können. Solch eine Maschine

ist rasch in Thätigkeit gesetzt; so wie das Zink in die Flüssigkeit getaucht wird, beginnt ihre Wirkung; sie hört auf, so wie man das Zink herauszieht. Es findet hier, weder zuvor noch hernach, ein Verlust statt; jeder Gran Zink, der voltaisch oxydirt wird, bringt seine Wirkung hervor; die Maschine kostet nichts oder sie thut etwas dafür. Wie viele Fälle sind nicht denkbar, selbst zum gewöhnlichen Hausbedarf, in denen man eine Nutzenanwendung von solch einer Kraft machen könnte! Die Frage ist nur die: *Kann man wohlfeiler mit Menschen oder mit Magneten arbeiten?*

Mögen diese Betrachtungen dazu beitragen, die Theilnahme allgemeiner auf diesen Gegenstand zu richten! Mit diesem Wunsch nehme ich Abschied von meinen Lesern, nachdem ich zuvor noch folgenden Versuch mitgetheilt haben werde.

Der Hufmagnet, der unserem städtischen Athenaeum gehört, trägt gewöhnlich 5 Pfund holl. Ich schlug um den Anker einige Windungen Kupferdrabt und liefs einen Strom durchgehen, der das Eisen im gleichen Sinne polarisirte, wie der Hufmagnet; nun zog dieser gemächlich 8 Pfund. Wurde der Strom umgekehrt, so fiel der Anker mit drei Pfund ab. Offenbar würde ich mit einem stärkeren Elemente und einer gröfseren Anzahl Windungen den Anker durch sein eigenes Gewicht habe fallen machen können. Dieser Versuch lehrt nun zwar nichts Neues, das Resultat liefs sich leicht vorhersehen; allein dennoch scheint er mir nicht unwichtig zu seyn, indem dadurch die Einerleiheit des Elektro-Magnetismus mit der Kraft, die von Natur dem Magnetstein eigen ist, und dem Stahl sich mittheilen läfst, vollkommen bewiesen wird. Es ist nicht möglich die eine Kraft unmittelbarer in Einklang und Gegensatz mit der anderen zu bringen. Früher hat man zwar den elektrischen Strom um einen Hufmagneten geleitet, um dadurch die Kraft des letzteren, je nach der Richtung des Stroms, zu ver-

stärken oder zu schwächen; allein man erhielt ein negatives Resultat, weil der Stahl für den temporären Magnetismus unempfindlich ist. Ich weiß indess nicht, daß Jemand auf diese Weise den Elektro-Magnetismus des Ankers gegen den Magnetismus des Stahls hat wirken lassen. Ueberdies ist es ein leichtes Mittel die Tragkraft eines Magneten zu verstärken, rascher und bequemer, als dadurch, daß man das Gewicht von Zeit zu Zeit durch einige Hagelkörner vermehrt. Es ist billig anzuerkennen, daß ich die Idee zu diesem Versuche dem gegenwärtigen Vorsitzer unserer Naturforschenden Gesellschaft, Hrn. S. van Delden, verdanke.

V. *Neue Beobachtungen über die Volta'sche Polarisation fester und flüssiger Leiter;*
von C. F. Schönbein.

In meiner neulichst in den Annalen erschienenen Abhandlung über die Polarisation fester und flüssiger Leiter habe ich mir, wie sich der Leser noch erinnern wird, die Frage gestellt, ob der unter dem Einfluß eines Stromes erlangte polare Zustand der Elektroden, oder vielmehr deren Fähigkeit, einen secundären Strom zu erregen, nicht darin begründet seyn könnte, daß die Bestandtheile eines Elektrolyten, z. B. die des Wassers oder der Salzsäure, um die Poldrähte sich angehäuft befänden. Ich fragte mit anderen Worten: ob die secundären Ströme der Elektroden nicht eine gewöhnliche chemische Action, z. B. die Verbindung des am negativen Poldraht haftenden Wasserstoffs mit dem am positiven Pole sich befindenden Sauerstoff oder Chlor, zur Ursache hätten. Die gleiche Frage erhob ich in Beziehung auf den Grund der secundären Ströme, erregt durch die,

einer Stromwirkung ausgesetzt gewesenem elektrolytischen Flüssigkeiten. Indem ich nun in festen und flüssigen Leitern elektromotorisches Vermögen hervorrufen konnte durch Ströme von so geringer Intensität, daß letztere nicht mehr im Stande waren, selbst das so leicht zersetzbare Jodkalium merklich zu elektrolysiren, und indem ich mich auf die Behauptung Faraday's stützte, welcher zufolge sehr schwache Ströme durch Elektrolyten gehen können, ohne diese auch nur spurenweise zu zersetzen, so hielt ich mich für berechtigt, vorhin erwähnte Fragen im verneinenden Sinne zu beantworten. Allein es läßt mit allem Rechte fragen, welches denn das Merkmal sey, aus dem mit Sicherheit sich abnehmen lasse, daß ein Strom durch einen Elektrolyten gegangen, ohne diesen auch nur im geringsten Maasse zerlegt zu haben. Niemand wird wohl behaupten wollen, daß wenn an den Elektroden keine Bläschen von Sauerstoff und Wasserstoff sichtbar auftreten, deshwegen auch keine Wasserzersetzung stattfindet, oder daß Jodkalium nicht mehr elektrolytirt werde, wenn Stärkmehl am positiven Pole für unser Auge unverändert bleibt. Es ist in der That sehr wohl möglich, daß die durch den Strom an den Elektroden ausgeschiedenen Bestandtheile des zersetzten Elektrolyten der Menge nach so unbedeutend sind, daß dieselben weder unmittelbar sinnlich, noch durch die Mithülfe eines chemischen Reagens sich wahrnehmen lassen, und doch in gehöriger Quantität vorhanden, um durch ihre chemische Wiedervereinigung einen meßbaren Strom zu erregen. Ich brauche in letzter Beziehung nur an dasjenige zu erinnern, was Faraday über die Menge der Elektrizität angiebt, welche durch die Oxydation eines einzigen Granes Zink entbunden wird, wie auch an den Umstand, daß die durch sehr schwache Ströme polarisirten Elektroden oder Elektrolyten auch nur äußerst schwache secundäre Ströme liefern.

Die angedeutete Möglichkeit sowohl, als auch der

Grundsatz, daß einer neuen Erscheinung keine eigene Ursache untergelegt werden darf, wenn jene aus einem bekannten Grunde erklärlich ist, veranlaßten mich, eine Reihe neuer Versuche anzustellen, die den Zweck hatten, den Quell der secundären Ströme noch genauer, als geschehen, zu erforschen, und namentlich auszumitteln, ob derselbe nicht in einer gewöhnlichen chemischen Action begründet liege. Diese Versuche, ich muß dies gleich im Anfange bemerken, haben viele Aehnlichkeit mit denen, welche vor Kurzem von Matteucci und Peltier der Pariser Academie mitgetheilt wurden, von welchen ich aber bis jetzt nichts Näheres weiß, als was das *Echo du monde savant* darüber seinen Lesern berichtet hat. Es weichen aber auch meine Resultate in mehrfacher Beziehung von denen des italiänischen und französischen Naturforschers, so weit dieselben mir bekannt sind, wesentlich ab, weshalb ich es nicht für überflüssig erachte, die Ergebnisse meiner eigenen Untersuchungen in den Annalen etwas umständlich niederzulegen. Wie die Folge lehren wird, sind dieselben von der Art, daß ihnen einiges wissenschaftliches Interesse kaum abgehen dürfte, und daß sie die dermaligen Gräuzen unserer Kenntnisse von der Volta'schen Thätigkeit, wenn nicht bedeutend, doch in Etwas erweitern.

Zunächst folge nun die Angabe der wichtigsten von mir ausgemittelten Thatsachen, welche sich auf den in Frage stehenden Gegenstand beziehen.

- 1) Werden Platindrähte, welche kürzere oder längere Zeit, entweder in reinem Wasser oder in Wasser mit Schwefelsäure oder Salzsäure versetzt, als Elektroden gedient haben, in einer Weingeistlampe bis zum Rothglühen erhitzt, so verlieren sie hiedurch ihr elektromotorisches Vermögen, möge der Strom, der letzteres hervorgerufen hat, stark oder schwach gewesen, möge derselbe Jodkalium, Salzsäure, Wasser etc. merklich elektrolysiert haben oder nicht.

- 2) Wird ein positiv polarisirter Platindraht nur auf einen Augenblick in eine Chlor- oder Bromatmosphäre gebracht, so erscheint dessen elektro-motorische Kraft völlig vernichtet.
- 3) Wird ein positiv polarisirter Platindraht in eine Atmosphäre von Sauerstoffgas gestellt, so verliert derselbe ebenfalls seine Polarität; damit aber diese Wirkung eintrete, ist nöthig, daß der Draht etwas länger in dem genannten Gase verweile, als im Chlor.
- 4) Ein negativ polarisirter Platindraht verliert seine elektro-motorische Kraft, wenn man denselben einige Secunden lang in einer Wasserstoffatmosphäre stehen läßt ¹⁾.
- 5) Ein Platindraht, sey er positiv, sey er negativ polarisirt, scheint in seiner elektro-motorischen Beschaffenheit keine Veränderung zu erleiden, wenn er in die Atmosphäre einer Luftart gebracht wird, welche chemisch weder auf den Wasserstoff noch auf den Sauerstoff bei Anwesenheit von Platin wirkt.
- 6) Wird ein Platindraht nur auf wenige Secunden in Wasserstoffgas getaucht, so erlangt er alle Eigenschaften eines positiv polarisirten Drahtes.
- 7) Gold- und Silberdrähte erlangen kein elektro-motorisches Vermögen, wenn man sie in vorhin genanntes Gas (Wasserstoff) bringt.
- 8) Ein Platindraht in Sauerstoffgas gebracht, wird nicht negativ polarisirt, eben so wenig Gold und Silber.
- 9) Platin, Gold und Silber nur für einige Augenblicke in gasförmiges Chlor gebracht, nehmen die elektro-motorische Beschaffenheit eines elektro-negativ po-

1) Um Mißverständnisse zu vermeiden, muß hier bemerkt werden, daß unter positiv polarisirt ein Draht zu verstehen ist, der als negative Elektrode innerhalb schwefelsäurehaltigen Wassers gedient hat, und unter negativ polarisirt ein Draht, welcher innerhalb derselben Flüssigkeit die Rolle der positiven Elektrode spielt.

larisirten Drahtes an. Bromgas übt die gleiche Wirkung auf die genannten Metalle aus.

- 10) Wird Wasser (durch etwas Schwefelsäure leitender gemacht) mit Wasserstoffgas geschüttelt, diese Flüssigkeit in eine, unten mit einer Blase verbundenen Glasröhre gebracht, letztere in ein gläsernes Gefäß gestellt, das ebenfalls gesäuertes, aber wasserstoff-freies Wasser enthält, und verbindet man beide Flüssigkeiten mit dem Galvanometer durch Platindrähte, so erhält man einen Strom, der von der Wasserstofflösung zur andern Flüssigkeit geht. Es verhält sich, mit anderen Worten, erstere zur letzteren, wie Zink zu Kupfer oder wie positiv zu negativ; bestehen aber die beiden Verbindungsdrähte aus Gold oder Silber, anstatt aus Platin, so liefern besagte Flüssigkeiten auch nicht den allerschwächsten Strom.
- 11) Wird der Versuch ganz unter denselben Umständen, wie bei 10. bemerkt, angestellt, nur mit dem Unterschied, daß die eine Flüssigkeit Sauerstoff, anstatt Wasserstoff, aufgelöst enthält, so erhält man keinen Strom, seyen die Verbindungsdrähte aus Platin, Gold oder Silber.
- 12) Führt man den Versuch ebenfalls unter den bei 10. erwähnten Umständen aus, und enthält die eine Flüssigkeit etwas Chlor oder Brom, anstatt Wasserstoff, aufgelöst, so verhält sich das chlorhaltige Wasser zu dem chlorfreien wie Kupfer zu Zink, mögen die Flüssigkeiten mit dem Galvanometer durch Platin-, Gold- oder Silberdrähte verbunden seyn.
- 13) Setzt man der Wasserstofflösung eine gehörige Menge wässriges Chlor oder Brom zu, so verliert sie das bei 10. angeführte elektro-motorische Vermögen; wird umgekehrt die Chlor- oder Bromlösung mit derjenigen des Wasserstoffs in gewisser Quantität versetzt, so verliert jene die bei 12. erwähnte Eigenschaft, einen Strom zu erregen.

- 14) Behandelt man negativ polarisirte Salzsäure oder Hydro-Bromsäure mit der gehörigen Menge Wasserstofflösung, so wird hiedurch der elektromotorische Charakter der Säure zerstört ¹).
- 15) Läßt man durch schwefelsäurehaltiges Wasser (enthalten in einer Schenkelröhre) den Strom einer Säule gehen, so liefert diese Flüssigkeit nur in dem Falle einen secundären Strom, oder erscheint polarisirt, wenn dieselbe mittelst Platindrähte mit dem Galvanometer in Verbindung gesetzt wird. Bei Anwendung von Gold- oder Silberdrähten als Verbindungsmittel mit dem Multiplicator wird die Nadel dieses Instrumentes auch nicht im Mindesten afficirt.
- 16) Stellt man den Versuch wie bei 15 erwähnt an, nimmt aber, statt schwefelsäurehaltigen Wassers, verdünnte Salzsäure, so erhält man von letzterer einen secundären Strom, seyden die Verbindungsdrähte aus Platin, Gold oder Silber.

Gehen wir jetzt, nach Aufzählung der Thatsachen, zur Erörterung derselben über, und ziehen wir aus ihnen alle die Folgerungen, welche sie zulassen.

Die unter 1. angeführte Thatsache ist offenbar der Annahme günstig, daß die Polarität der Elektroden von an ihnen hängendem Wasserstoff oder Sauerstoff herühre; denn wenn diese Elemente wirklich die Ursache der elektro-motorischen Beschaffenheit der Elektroden sind, so müssen jene von diesen durch die Glühhitze entfernt werden. Indessen liefs es sich immer noch als möglich denken, daß die Ursache der elektro-motorischen Beschaffenheit der Elektroden eine andere als die bezeichnete wäre, und die Glühhitze dennoch polaritätszerstörend wirkte. Gemäß dem unter 2. Gesagten vernich-

1) Sind zwei durch ein Membran von einander getrennte Zellen mit Salzsäure gefüllt und geht durch diese Flüssigkeit ein Strom, so nenne ich die Säure derjenigen Zelle negativ polarisirt, welche mit dem positiven Pol der Säule in Verbindung steht.

tet Chlor augenblicklich den positiv polaren Zustand eines Platindrahtes. Nehmen wir nun an, es hafte an dem positiv polarisirten Drahte eine dünne Schicht von Wasserstoff, so erklärt sich die Wirkung des Chlors auf die allergenügendste Weise; es bildet sich unter den angegebenen Umständen Salzsäure und jede Spur freien Wasserstoffs verschwindet, damit nothwendig aber auch das elektro-motorische Vermögen des Drahtes. Ueber die bei 3. erwähnte Thatsache läßt sich das Gleiche sagen; unter dem bekannten Einfluß des Platins verbindet sich der an diesem Metalle haftende Wasserstoff mit dem Sauerstoff zu Wasser. Dafs letzterer die Polarität nicht so schnell wie Chlor zerstört, hat in der langsameren Action des Sauerstoffs auf den Wasserstoff seinen Grund. Wenn nach 4. ein negativ polarisirter Platindraht innerhalb einer Atmosphäre von Wasserstoffgas sein elektro-motorisches Vermögen verliert, so wird diese Thatsache vollkommen durch die Annahme erklärt, dafs der das Metall umgebende Sauerstoff mit Wasserstoff zu Wasser sich vereinigt. Wir werden indessen später es wahrscheinlich machen, dafs die negative Polarität der positiven Elektrode noch in etwas anderem als in einer Schicht von Sauerstoff ihren Grund haben könnte. Vor der Hand wollen wir noch von dieser Annahme ausgehen. Die unter 5. angeführte Thatsache spricht ebenfalls zu Gunsten der Ansicht, dafs die Ursache des polaren Zustandes der Elektroden in Wasserstoff und Sauerstoff liege, welche an denselben hängen; zur völligen Gewifsheit scheint diese Voraussetzung durch das Factum erhoben zu werden, das unter 6. aufgeführt ist. Wenigstens scheint durch letzteres unwiderleglich bewiesen zu seyn, dafs die positive Polarität der negativen Elektrode von Wasserstoff herrühre. Ein Platindraht, der nicht als negativer Pol gedient, nicht dem Einfluß eines Stromes irgendwie unterworfen gewesen ist, erlangt durch den Umstand allein, dafs er nur wenige Secun-

den mit Wasserstoffgas in Berührung gestanden, alle Volta'schen Eigenschaften eines positiv polarisirten Drahtes. Welcher Schlufs ist daher wohl bündiger als der, dafs die positive Polarität des negativen Poldrahtes in Wasserstoff ihren Grund habe? Auffallend mufs der Umstand erscheinen, dafs, gemäß dem bei 8. Angeführten, Platin, in eine Sauerstoffatmosphäre gebracht, nicht einen elektro-negativen Charakter annimmt. Mir wenigstens hat es noch nicht gelingen wollen, mit dem genannten Metalle, das dem Einflusse des Sauerstoffgases ausgesetzt gewesen, auch nur den allerschwächsten Strom zu erhalten, während dasselbe die Galvanometernadel sehr bedeutend afficirt, nachdem es nur wenige Secunden als positive Elektrode innerhalb schwefelsäurehaltigem Wasser functionirt hat. Scheint aus dieser Thatsache nicht zu folgen, dafs Sauerstoff nichts mit der negativen Polarität der positiven Elektrode zu thun hat? Es ist ferner unter 7. bemerkt, dafs Gold- und Silberdrähte in Wasserstoffgas nicht elektro-positiv werden, und doch ist Thatsache, dafs wenn diese Metalle innerhalb schwefelsäurehaltigem Wasser die Rolle der negativen Elektrode nur auf wenige Secunden gespielt haben, sie merklich positiv polarisirt erscheinen. Scheint hieraus nicht ebenfalls hervorzugehen, dafs der Wasserstoff nicht die wahre Ursache der positiven Polarität ist? Man mufs gestehen, dafs die beiden zuletzt angeführten Thatsachen die Richtigkeit derjenigen Folgerungen wieder in Zweifel stellen, welche wir aus früher angeführten Facten gezogen haben. Weiter unten, bei einer passlichen Gelegenheit, werden wir wieder auf diese Widersprüche zurückkommen und dieselben zu deuten suchen.

Unterwerfen wir jetzt die unter 10. berichtete Thatsache einer näheren Erörterung. Der dort beschriebene Versuch wurde zunächst in der Absicht angestellt, um auszumitteln, ob das positiv polarisirte Wasser (siehe die letzte Note zu diesem Aufsätze) seinen elektro-motorischen Charakter in ihm gelösten Wasserstoff verdanke.

Das Resultat des Versuches spricht durchaus zu Gunsten dieser Ansicht; denn Wasser, das nur Spuren von Wasserstoff aufgelöst enthält, verhält sich zu gewöhnlichem Wasser positiv; es ist also wasserstoffhaltiges Wasser, dem durch einen Strom positiv polarisirten Wasser in elektro-motorischer Beziehung vollkommen gleich. Merkwürdig muß aber der Umstand erscheinen, daß eine Wasserstofflösung mit gewöhnlichem Wasser nur dann einen Strom erregt, wenn die beiden Flüssigkeiten durch Platin zur Kette geschlossen werden, und daß sie nicht den allerschwächsten Grad von elektro-motorischem Vermögen besitzen, wenn man dieselben durch Gold- oder Silberdrähte leitend verbindet. Wie erklärt sich wohl das verschiedenartige Verhalten, welches die erwähnten Flüssigkeiten unter den angegebenen verschiedenen Umständen zeigen? Nach meinem Ermessen ganz einfach auf folgende Weise. Die Anwesenheit des Platins bestimmt die Vereinigung des Wasserstoffs mit dem Sauerstoff, welche Elemente in beiden beim Versuche dienenden Flüssigkeiten sich aufgelöst befinden. (Ich muß hier beiläufig bemerken, daß das gebrauchte Wasser nicht ausgekochtes war, also Luft, d. h. Sauerstoff, aufgelöst enthält.) Diese chemische Action veranlaßt Störung des elektrischen Gleichgewichts, und es muß, bekannten Gesetzen gemäß, der in Oxydation begriffene Körper (in dem vorliegenden Falle also die Wasserstofflösung) sich positiv verhalten. Gold und Silber besitzen bekanntlich das Vermögen nicht, die chemische Vereinigung des Wasserstoffs mit dem Sauerstoff zu bewerkstelligen; und eben in dem Mangel dieses Vermögens liegt es begründet, daß die genannten Metalle, wenn sie als Schließungsmittel gebraucht werden, in den erwähnten Flüssigkeiten keinen Strom zu erregen im Stande sind. Sauerstoff und Wasserstoff bleiben bloß mechanisch gemengt. Das unter 15. angeführte Factum liefert für die Richtigkeit des so eben Gesagten einen weiteren Beleg; denn warum

sollte die dort erwähnte Flüssigkeit nur mit Platin einen Strom geben, und nicht auch mit Gold und Silber? Die bei 7. berichtete Thatsache kann uns nun, in einer Beziehung wenigstens, auch nicht mehr räthselhaft seyn; die Thatsache nämlich, dafs Gold und Silber, in Wasserstoff getaucht, nicht elektro-positiv werden. Ohne Zweifel legt sich um diese Metalle, wenn sie in eine Atmosphäre von Wasserstoff gebracht werden, eine Schicht dieses Gases; allein getaucht in sauerstoffhaltiges Wasser, vermögen sie keinen Strom zu erregen, weil sie die Vereinigung der Wasserelemente nicht zu bewirken vermögen. Für die chemische Theorie des Galvanismus sind die zuletzt besprochenen Thatsachen, wie meine Leser bereits eingesehen haben werden, von nicht geringer Wichtigkeit; denn sie liefern neue, und, wie mir scheint, äußerst schlagende Beweise für die Richtigkeit der in letzter Zeit wieder von einigen Seiten her so stark bestrittenen Lehre, dafs chemische Action eine Stromquelle und bei hydro-elektrischen Ketten die einzige sey. Würde durch den blofsen Contact der bei 10. und 15. erwähnten Flüssigkeiten deren elektrisches Gleichgewicht wirklich gestört, so sollte man meinen, es müfste ein Strom entstehen, ob dieselben durch Platin oder aber durch Gold und Silber zur Kette geschlossen worden. Ja man würde sogar berechtigt seyn zu erwarten, dafs mit Gold oder Silber ein Strom erhalten werde, stärker als derjenige ist, den das Platin liefert, da jene Metalle bessere Stromleiter sind als dieses. Welchen Grund können nun wohl die Voltaisten für die Thatsache anführen, dafs Platin allein, und nicht auch Gold und Silber in dem fraglichen Falle das Auftreten eines Stromes verursachen? Wenn ich sagte, dafs ich im Sinne ihrer Hypothese durchaus keine Rechenschaft von der fraglichen Thatsache zu geben wüfste, so vermuthe ich vielleicht nur, dafs ich ihre Lehre nicht genau verstände.

Es ist jetzt Zeit auf die Schwierigkeiten zurückzu-

kommen, auf welche wir weiter oben gestofsen sind, als wir die Frage zu beantworten suchten: warum Platin, in Sauerstoff getaucht, nicht negativ polarisirt werde, und warum Silber oder Gold nicht in den elektro-positiven Zustand trete, wenn man auf dieselben Wasserstoffgas wirken läfst; während doch jenes Metall negative Polarität als positive Elektrode annehme, und diese (Gold und Silber) positive Polarität, wenn sie als negative Elektroden gedient haben. Erörtern wir zunächst den ersten Fall. Wenn wir wirklich von der Annahme ausgehen, ein Platindraht, der in schwefelsäurehaltigem Wasser als positive Elektrode functionirt, behafte sich mit einer Schicht Sauerstoff, und besitze, in Folge dieses Umstandes, seine negative Polarität, so ist in der That schwer einzusehen, welche chemische Wirkung stattfinden soll, wenn ein solcher Draht in gewöhnliches, mit Schwefelsäure versetztes Wasser eintaucht, und mit einem anderen (gewöhnlichen) Platindraht und dem Galvanometer eine Kette bildet. Sollte etwa unter dem Einflufs des Platins der an letzterem haftende Sauerstoff mit dem Wasser zu Wasserstoff-Hyperoxyd sich verbinden? Aber warum thut dies nicht ein gewöhnlicher Platindraht, der mit einer Sauerstoffhülle umgeben ist? Oder sollte vielleicht das Platin erst dadurch das Vermögen erlangen, die erwähnte Wasserstoff-Hyperoxydbildung zu bewerkstelligen, dafs es als positive Elektrode gedient hat. Unmöglich wäre die Sache nicht, und die Richtung des Stromes spräche zu Gunsten einer solchen Ansicht; aber es bietet sich eine weit wahrscheinlichere Art, das fragliche Phänomen zu erklären, dar; nämlich die folgende: Um den in die saure Flüssigkeit eintauchenden Theil des positiven Poldrahtes herum bildet sich während des Stromdurchganges eine Schicht von Wasserstoff-Hyperoxyd, indem sich nämlich ein Theil des nascirenden Sauerstoffs mit dem das Platin unmittelbar umgebenden Wasser verbindet. Vielleicht vereinigt sich

sollte die dort erwähnte Flüssigkeit nur mit Platin einen Strom geben, und nicht auch mit Gold und Silber? Die bei 7. berichtete Thatsache kann uns nun, in einer Beziehung wenigstens, auch nicht mehr räthselhaft seyn; die Thatsache nämlich, dafs Gold und Silber, in Wasserstoff getaucht, nicht elektro-positiv werden. Ohne Zweifel legt sich um diese Metalle, wenn sie in eine Atmosphäre von Wasserstoff gebracht werden, eine Schicht dieses Gases; allein getaucht in sauerstoffhaltiges Wasser, vermögen sie keinen Strom zu erregen, weil sie die Vereinigung der Wasserelemente nicht zu bewirken vermögen. Für die chemische Theorie des Galvanismus sind die zuletzt besprochenen Thatsachen, wie meine Leser bereits eingesehen haben werden, von nicht geringer Wichtigkeit; denn sie liefern neue, und, wie mir scheint, äufserst schlagende Beweise für die Richtigkeit der in letzter Zeit wieder von einigen Seiten her so stark bestrittenen Lehre, dafs chemische Action eine Stromquelle und bei hydro-elektrischen Ketten die einzige sey. Würde durch den blofsen Contact der bei 10. und 15. erwähnten Flüssigkeiten deren elektrisches Gleichgewicht wirklich gestört, so sollte man meinen, es müfste ein Strom entstehen, ob dieselben durch Platin oder aber durch Gold und Silber zur Kette geschlossen worden. Ja man würde sogar berechtigt seyn zu erwarten, dafs mit Gold oder Silber ein Strom erhalten werde, stärker als derjenige ist, den das Platin liefert, da jene Metalle bessere Stromleiter sind als dieses. Welchen Grund können nun wohl die Voltaisten für die Thatsache anführen, dafs Platin allein, und nicht auch Gold und Silber in dem fraglichen Falle das Auftreten eines Stromes verursachen? Wenn ich sagte, dafs ich im Sinne ihrer Hypothese durchaus keine Rechenschaft von der fraglichen Thatsache zu geben wüfste, so vermuthe ich vielleicht nur, dafs ich ihre Lehre nicht genau verstände.

Es ist jetzt Zeit auf die Schwierigkeiten zurückzu-

kommen, auf welche wir weiter oben gestofsen sind, als wir die Frage zu beantworten suchten: warum Platin, in Sauerstoff getaucht, nicht negativ polarisirt werde, und warum Silber oder Gold nicht in den elektro-positiven Zustand trete, wenn man auf dieselben Wasserstoffgas wirken läfst; während doch jenes Metall negative Polarität als positive Elektrode annehme, und diese (Gold und Silber) positive Polarität, wenn sie als negative Elektroden gedient haben. Erörtern wir zunächst den ersten Fall. Wenn wir wirklich von der Annahme ausgehen, ein Platindraht, der in schwefelsäurehaltigem Wasser als positive Elektrode functionirt, behafte sich mit einer Schicht Sauerstoff, und besitze, in Folge dieses Umstandes, seine negative Polarität, so ist in der That schwer einzusehen, welche chemische Wirkung stattfinden soll, wenn ein solcher Draht in gewöhnliches, mit Schwefelsäure versetztes Wasser eintaucht, und mit einem anderen (gewöhnlichen) Platindraht und dem Galvanometer eine Kette bildet. Sollte etwa unter dem Einflufs des Platins der an letzterem haftende Sauerstoff mit dem Wasser zu Wasserstoff-Hyperoxyd sich verbinden? Aber warum thut diefs nicht ein gewöhnlicher Platindraht, der mit einer Sauerstoffhülle umgeben ist? Oder sollte vielleicht das Platin erst dadurch das Vermögen erlangen, die erwähnte Wasserstoff-Hyperoxydbildung zu bewerkstelligen, dafs es als positive Elektrode gedient hat. Unmöglich wäre die Sache nicht, und die Richtung des Stromes spräche zu Gunsten einer solchen Ansicht; aber es bietet sich eine weit wahrscheinlichere Art, das iragliche Phänomen zu erklären, dar; nämlich die folgende: Um den in die saure Flüssigkeit eintauchenden Theil des positiven Poldrahtes herum bildet sich während des Stromdurchganges eine Schicht von Wasserstoff-Hyperoxyd, indem sich nämlich ein Theil des nascirenden Sauerstoffs mit dem das Platin unmittelbar umgebenden Wasser verbindet. Vielleicht vereinigt sich

sogar aller durch den Strom ausgeschiedene Sauerstoff mit dem Wasser zu Hyperoxyd, und es wird dieses immer wieder durch die Anwesenheit des Platins in Sauerstoffgas und Wasser zerlegt. Sey dem aber wie ihm wolle, so ist die Bildung einer kleinen Partie von oxydirtem Wasser unter den angegebenen Umständen, so viel mir scheint, nichts weniger als eine unmögliche Sache. Giebt man aber die Bildung dieser Substanz zu, so ist damit auch die elektro-motorische Beschaffenheit der positiven Elektrode erklärt. Es ist nämlich eine bekannte Thatsache, und von mir selbst neulich auf eine unzweifelhafte Weise nachgewiesen worden, dafs ein mit Silberhyperoxyd versehener Platindraht gegen einen gewöhnlichen Draht dieses Metalles sich negativ verhält, mit anderen Worten, dafs das Hyperoxyd, indem es seinen Sauerstoff abgiebt, gegen das Medium, welches denselben erhält, negativ erscheint. Alle Metallhyperoxyde zeigen das gleiche Verhalten; wenn nun aber diefs der Fall ist, so wird wohl dasjenige des Wasserstoffs auch keine Ausnahme von der Regel machen, um so weniger, als eine solche im Widerspruche mit dem allgemeinen Erfahrungssatze stände, gemäß welchem die Desoxydation einen Strom in Bewegung setzt, der Richtung nach demjenigen entgegengesetzt, der durch Oxydation veranlafst wird. Dem Gesagten zufolge müfste nun ein Platin- oder irgend ein anderer Draht, umgeben von einer Schicht Wasserstoff-Hyperoxyd und in Wasser tauchend, mit einem anderen gewöhnlichen Draht des gleichen Metalls eine Kette bilden, in welcher der Strom von letzterem Drahte durch die Flüssigkeit in den ersteren Draht ginge, d. h. es müfste ein Strom entstehen gleich dem, den die positive Elektrode wirklich erregt. Aus der Annahme, dafs ein negativ polarisirter Draht dadurch elektro-motorisch wirke, dafs das an ihm haftende Wasserstoff-Hyperoxyd sich zersetze, wird nun vollkommen begreiflich erstens, warum Platin eben so wenig als Gold
und

und Silber in einer Sauerstoffatmosphäre negative Polarität annehmen, zweitens warum eine Sauerstofflösung gegen gewöhnliches Wasser, wie dies unter II. gezeigt worden ist, in Volta'scher Hinsicht vollkommen indifferent sich verhält, welches auch die Natur des Metalles seyn mag, das beide Flüssigkeiten zur Kette schließt, und endlich drittens, warum Gold eben sowohl als Platin als positive Elektrode negative Polarität erhält.

Noch haben wir die Frage zu beantworten, warum Silber- und Golddrähte in einer Wasserstoffgas-Atmosphäre nicht positiv polarisirt werden, da doch die gleichen Metalle diese elektro-motorische Beschaffenheit zeigen, nachdem sie als negative Elektroden gedient haben, das heißt, nachdem an ihnen Wasserstoff entwickelt worden ist. Da wir den Strom, den ein positiv polarisirter Golddraht zu erregen im Stande ist, ebenfalls in einer chemischen Action zu suchen haben, so fragt es sich, von welcher Art denn letztere sey. So viel wir bis jetzt wissen, kann das mit einer Wasserstoffschicht bedeckte Ende eines Drahtes, wenn in Wasser gebracht, auf diese Flüssigkeit keine andere chemische Reaction ausüben, als die ist, welche ein gewöhnlicher Draht des gleichen Metalles zeigt, und daher kann jener Draht, mit diesem und dem Wasser kettenartig combinirt, auch keinen Strom erregen. Sollte aber vielleicht das Gold oder Silber, nachdem sie als negative Elektrode functionirt haben, vorübergehend das von dem Platin habituell besessene Vermögen erlangen, die Vereinigung des an ihnen hängenden Wasserstoffs mit dem letzteren Elemente dargebotenen Sauerstoff zu bestimmen? Oder bildet sich etwa ein uns noch unbekanntes Wasserstoffsuboxyd, indem der an der negativen Elektrode im nascirenden Zustand auftretende Wasserstoff mit dem dort befindlichen Wasser sich vereinigt; und hat der secundäre Strom von dem negativen Gold- oder Silberpoldraht erregt, seine Quelle in der Zersetzung dieses Wasserstoffsuboxydes?

Ich halte letztere Ansicht für die wahrscheinlichere; zur völligen Gewißheit läßt sich dieselbe freilich nur erst durch noch weiter fortgesetzte Untersuchungen erheben. Wie nun auf einen mit Wasserstoff-Hyperoxyd umgebenen (negativ polarisirten) Draht Wasserstoff, auf einen mit Wasserstoffsuboxyd bedeckten (positiv polarisirten) Draht Chlor, Brom und Sauerstoff depolarisierend einwirken, ist nach obigen Erörterungen leicht einzusehen.

Ich komme nun zur Erörterung der Thatsachen, welche unter 9. und 12. angeführt sind, und die, wie man leicht einsieht, im Wesentlichen von einander nicht sich unterscheiden. Auf welche Weise, frage ich zuerst, erregt eine wäßrige Chlorklösung mit gewöhnlichem Wasser, durch eine Membran in Berührung stehend, einen Strom, wenn diese Flüssigkeiten durch Platin, Gold oder Silber zur Kette geschlossen werden. Man könnte auf den ersten Anblick hin glauben, das Chlor wirke chemisch auf das Metall; allein der Umstand, daß der unter den angegebenen Verhältnissen entstehende Strom vom gewöhnlichen Wasser zur Chlorklösung geht, oder, was das Gleiche ist, daß das Ende des Schließungsbogens, das in das bloße Wasser taucht, positiv sich verhält zu dem Ende des Bogens, das in die Chlorklösung reicht, läßt eine solche Ansicht durchaus nicht zu; denn es müsse, wäre letztere richtig, das Volta'sche Verhältniß der beiden Bogenenden oder dasjenige der Flüssigkeiten zu einander gerade das Entgegengesetzte von dem seyn, das in der Wirklichkeit sich zeigt. Die chemische Action, welche in dem vorliegenden Falle das elektrische Gleichgewicht stört, findet statt zwischen dem Chlor und dem Wasser, und besteht darin, daß ersteres mit dem Wasserstoff das letztere zu Salzsäure sich verbindet. Daß der aus besagtem chemischen Vorgang resultirende Strom keine andere Richtung haben kann, als die vorhin bezeichnete, daß, mit anderen Wor-

ten, das Chlor gegen Wasser negativ sich verhalten muß, sieht Jeder ein, der mit den Grundsätzen der chemischen Theorie des Galvanismus bekannt ist. Voranstehende theoretische Erläuterungen machen es überflüssig in eine Erklärung der unter 9. angegebenen Thatsache, daß Platin, Gold und Silber in einer Chloratmosphäre negativ polarisirt werden, einzutreten; denn es ist klar, daß diese Metalle unter diesen Umständen sich mit einer Schicht Chlor bedecken, und daß die vorhin näher bezeichnete chemische Wirkung dieses Elementes auf das Wasser es ist, welche den Strom erregt. Da die fragliche Action unabhängig von der Natur der Metalle ist, welche als Leitungs- oder Schließungsbögen dienen, so begreift sich leicht, warum Gold und Silber eben so gut negativ polarisirt werden als Platin, und warum bei dem unter 12. angeführten Versuch ein Strom erhalten wird, ob wir die dort erwähnten Flüssigkeiten mit dem Galvanometer durch Platindrähte, oder durch solche aus Gold und Silber bestehend verbinden. Ich kann nicht umhin, an diesem Orte auf die große Analogie aufmerksam zu machen, welche, in Beziehung auf elektro-motorisches Verhalten, zwischen den Hyperoxyden des Silbers, Bleies und Mangans, und dem Chlor und Brom stattfindet. Es verhalten sich in der That die von mir vor einiger Zeit in den Annalen beschriebenen Hyperoxydketten ganz so, wie die 12. erwähnte Chlor- oder Bromkette. In beiden Arten von Volta'schen Vorrichtungen wird auf ähnliche Weise Wasser zersetzt; es würde mich indessen zu weit führen, wenn ich hier eine genauere Vergleichung zwischen den in beiden Kettenarten stattfindenden chemischen Vorgängen anstellen wollte; ich behalte mir vor, diesen interessanten Gegenstand bei einem anderen Anlaß näher zu beleuchten. Die Hauptfolgerung, welche sich aus den bei 13. und 14. gemachten Angaben herleiten läßt, ist die, daß die Polarität, welche die Salzsäure erlangt, indem man einen Strom

durch letztere gehen läßt, von freiem Chlor herrührt, das sich in der sauren Flüssigkeit aufgelöst befindet. Die unter 15. beschriebene Thatsache liefert den direktesten Beweis, daß das Wasser durch einen Strom nicht auf die Weise polarisirt wird, wie ich dies in meiner Abhandlung über die Polarisation etc. dargestellt habe. Würde im eigentlichen Sinne des Wortes das Wasser polarisirt, so müßte offenbar eben so gut ein secundärer Strom entstehen, wenn man die bei 15. erwähnte Schenkelröhre durch Golddrähte mit dem Galvanometer verbände, als dies geschieht, im Falle die Verbindungsdrähte aus Platin bestehen. Vergleicht man den bei 16. erwähnten Versuch mit dem bei 12. angeführten, so wird man die Ueberzeugung gewinnen müssen, daß auch die Salzsäure nicht durch einen Strom in einen wirklich polarisirten Zustand versetzt wird, wenn etwa die unter 13. und 14. aufgeführten Thatsachen noch nicht, als dies hinreichend beweisend angesehen werden sollten.

Fassen wir nun die wichtigsten Ergebnisse voranstehender Untersuchung kurz zusammen, so lassen sie sich in folgenden Sätzen ausdrücken:

- 1) Es giebt keine eigentliche Volta'sche Polarisation weder der festen noch der flüssigen Leiter, und alle secundären Ströme, welche durch sogenannte polarisirte Körper erregt werden, haben ihre Quelle in einer gewöhnlichen chemischen Action, die entweder in einer Vereinigung von Stoffen, oder in der Zersetzung einer chemischen Verbindung besteht.
- 2) Die Ansicht Faraday's und anderer Physiker ist irrig, gemäß welcher durch Elektrolyten sehr schwache Ströme gehen können, ohne daß jene eine Zersetzung erleiden.
- 3) Bei Elektrolyten ist Stromleitung und Elektrolytation dieselbe Sache.
- 4) Das beste und sicherste Kennzeichen, an welchem das Stattgefundenhaben einer Elektrolytation erkannt

wird, ist der sogenannte polarisirte Zustand der Elektroden.

In einer eigenen Abhandlung werde ich später darthun, wie die secundären Säulen Ritter's, die Abnahme der Stärke des Stromes einer hydro-elektrischen Säule bei anscheinend gleich bleibender chemischer Thätigkeit, die sonderbaren, S. 60 bis 64 in No. 5, 1838, der Annalen von mir erwähnten Stromerscheinungen, und die von Fechner in No. 12, 1837, gedachten Veränderungen, welche manche Metalle durch Eintauchen in gewisse Flüssigkeiten erleiden, ihre Erklärung finden in den Thatsachen, die den Gegenstand der vorliegenden Arbeit ausmachen.

Zum Schlusse erlaube ich mir noch einige Bemerkungen zu machen über die Notizen von Pfaff, welche in No. 7, 1838, der Annalen enthalten sind. Hr. Pfaff hat das Recht auf seiner Seite, wenn er behauptet, daß bei der Verbindung der Säuren mit Alkalien, der Säuren mit Wasser, der Alkalien mit Wasser, Ströme entstehen. Indessen ist die Sache von Becquerel und De la Rive schon längst aufser Zweifel gestellt, und Jeder, der ein sehr empfindliches Galvanometer hat, kann sich von der Richtigkeit dieses Erfahrungssatzes in jedem Augenblick überzeugen. Daß Salpetersäure gegen Kalilösung sich positiv verhält, ist ebenfalls eine schon ziemlich lange bekannte Thatsache; eben so weiß man seit geraumer Zeit, daß Ströme entstehen, wenn z. B. Salpetersäure mit Salpeterlösung, Phosphorsäure und mit der Lösung eines phosphorsauren Salzes, Salzsäure mit Kochsalzlösung etc. in Berührung gesetzt wird. Becquerel in seinem *Traité*, T. II p. 78—79, führt eine Reihe ähnlicher Thatsachen an. Merkwürdig ist nur, daß Hr. Pfaff aus den nämlichen Facten einen Schlufs gegen die chemische Theorie des Galvanismus zieht, welche andere Physiker, z. B. Becquerel, als Argument für dieselbe geltend machen. Es dürfte indessen der ver-

diente Kieler Naturforscher in einige Verlegenheit gerathen, wenn von ihm die Führung des Beweises verlangt würde, daß beim Zusammenbringen der Salpetersäure mit Salpeterlösung, der Salzsäure mit Kochsalzlösung etc. gar keine Art von chemischer Action zwischen den sich vermischenden Flüssigkeiten stattfinde. Die Annahme einer völligen chemischen Indifferenz zwischen derselben scheint mir eben so willkürlich als unwahrscheinlich. Unter den Thatsachen, die Hr. Pfaff, als mit der chemischen Theorie im Widerspruche stehend, anführt, befindet sich auch die, daß eine Zinkkupfersäule, in welcher eine Lösung chemisch reinen schwefelsauren Zinkoxydes als flüssiger Leiter dient, einen Strom erzeuge, und zwar einen stärkeren noch als der ist, den gewöhnliches Wasser liefert. Wenn Hr. Pfaff seine Versuche mit der erwähnten Säule nicht unter Umständen anstellte, unter welchen der atmosphärische Sauerstoff nicht gänzlich ausgeschlossen, namentlich aber die Metallsalzlösung von aufgelöster Luft völlig befreit worden war, so haben dieselben auch nicht einmal einen Schein von Beweiskraft zu Gunsten der Contacthypothese. Hätte nun die Säule vollends in der freien Luft gestanden, hätte also letztere fortwährend Sauerstoff an die getränkten Pappscheiben abgeben und überdies noch mit dem Zink in Berührung stehen können, so würde es nach der chemischen Theorie ein wahres Wunder gewesen seyn, wenn unter derartigen Umständen kein Strom sich gezeigt hätte. Daß der Strom mit Zinkvitriollösung stärker war als der vermittelt Wasser erhaltene, hat seinen einfachen Grund darin, daß jene ein besserer Stromleiter ist als diese. Ich gebe indessen zu, ja bin sogar davon überzeugt, daß selbst dann noch ein Strom entstände, wenn von den festen und flüssigen Theilen der in Rede stehenden Säule auch jedes Atom freien Sauerstoffs ausgeschlossen wäre, und die Säule in einem absolut luftleeren Raum sich befände. Dieser Strom würde im Vergleich zu dem-

jenigen, den hier Pfaff beobachtet hat, außerordentlich schwach seyn, und nur durch die empfindlichsten Galvanometer wahrgenommen werden können. Worin ein solcher schwacher Strom seinen Ursprung nimmt, habe ich anderswo nachzuweisen gesucht.

Da nach meinem Ernesen sämmtliche, in No. 7 der Annalen, von Hrn. Pfaff gegen die chemische Theorie der Säule vorgebrachten Einwände durchaus nicht als triftig gelten können, so wäre es im Interesse der Wissenschaft sehr zu wünschen, wenn der berühmte Verfechter der Volta'schen Hypothese seinen zurückgehaltenen Aufsatz über Contact-Elektricität der Oeffentlichkeit übergäbe; denn der Controverse über einen so wichtigen Gegenstand ist noch keinesweges zu viel. Hr. Pfaff muß bedenken, daß nur der Norden Europa's, und dieser selbst nur theilweise, elektrisch orthodox, d. h. Voltaisch, gesinnt ist, und daß Frankreich, England, die Schweiz, ja ein großer Theil des Vaterlandes von Volta den Ketzereien der chemischen Theorie huldigt. Wenn es nun wissenschaftliche Pflicht ist, einen Irrthum zu bekämpfen, und mit allen Kräften zu streben der Wahrheit den Sieg zu verschaffen, so dürfen sicherlich die Voltaisten die Hände noch nicht in den Schoofs legen; denn die Zahl ihrer Gegner ist Legion, und noch stets im Wachsen begriffen.

Es würde mir namentlich lieb seyn, wenn ein so ausgezeichneter Naturforscher, wie Hr. Pfaff, es für der Mühe werth hielte, einige meiner eigenen, in Beziehung auf die Theorie der Säule unternommenen Untersuchungen einer eigentlichen Erörterung zu unterwerfen. Sein Ausspruch: »Schönbein müht sich vergebens ab, ein dunkles Phänomen durch ein noch dunkleres mit seinen präparirten Eisendrähten aufzuklären,« klingt gar zu vornehm lakonisch. Ob ich gleich Hrn. Pfaff's Eifer für die Wissenschaft und seine Verdienste um dieselbe mit Bercitwilligkeit anerkenne, so gilt mir derselbe so we-

nig, wie irgend ein anderer Mann, als unfehlbare wissenschaftliche Autorität, und deshalb, weil er kurzweg behauptet: ich mühe mich vergeblich ab, folgt noch nicht, dafs dem so sey. Ich unterwerfe mich jedem Urtheile, das sich auf triftige Gründe stützt, keinem aber, dem diese Unterlage fehlt, rührte es auch von der ersten wissenschaftlichen Notabilität her. Ich nehme es indessen Hrn. Pfaff durchaus nicht übel, wenn er auf meine schwachen Bemühungen, der chemischen Action ein elektro-motorisches Vermögen zu vindiciren, wenig oder keinen Werth legt. Er vertheidigt nun seit nahe 50 Jahren mit seltener Consequenz und Ausdauer den Gedanken eines grossen Naturforschers, und betrachtet alle galvanischen Erscheinungen von dem Gesichtspunkte aus, auf den er sich als Jüngling gestellt. Kann man billigerweise verlangen, dafs er diesen nun verlasse und dasjenige als Irrthum erkläre, was er während eines halben Jahrhunderts für wahr gehalten, wofür er sein ganzes Leben hindurch gekämpft hat? Ich werde mich einer solchen Unbilligkeit nicht schuldig machen.

Ich kann nicht umhin, bevor ich zum Schlusse komme, noch einige Meinungen zu beleuchten, welche in neuester Zeit, in Beziehung auf die chemische Theorie des Galvanismus, geäußert worden sind. Aus der Thatsache, dafs durch Reibung, Magnetismus und Wärme Volta'sche Ströme erregt werden können, scheinen manche Physiker den Schlufs ziehen zu wollen, dafs auch der in der hydro-elektrischen Säule auftretende Strom von chemischer Thätigkeit unabhängig sey. Ich muß aufrichtig gestehen, dafs ich nicht entfernt einsehe, wie die angedeuteten Thatsachen eine solche Folgerung zulassen. Weil durch Reibung und andere chemische Mittel Wärme erzeugt werden kann, dürfen wir etwa aus dieser Thatsache schliessen, dafs auf chemischem Wege keine Wärme erregt werde. Keinem Physiker ist bis jetzt so etwas zu sagen in den Sinn gekommen. Wenn nun aber all-

gemein angenommen wird, dafs Wärme, wie auch Licht, durch sehr verschiedene Mittel, namentlich aber durch Chemismus, entbunden werden könne, warum sollte diefs nicht auch mit der Electricität der Fall seyn. Der größten Beachtung der Physiker scheint mir gerade der Umstand werth zu seyn, dafs nicht selten die Ursache, welche Wärme erregt, auch Licht hervorbringt und Electricität entbindet. Entwickeln sich nicht unter gegebenen Umständen durch Reibung alle drei genannten Imponderabilien gleichzeitig? Und bei dem chemischen Proceß, in welchem die dabei thätigen Materien in eine so innige Wechselwirkung zu einander treten und eine so bedeutende Veränderung in ihrer Molecularconstitution erfahren, hiebei sollte Wärme, höchstens noch Licht, nie aber Electricität sich entwickeln können. Liefse man sich nur von ganz gewöhnlichen Analogien leiten, und wüfste man von einer Volta'schen Säule und den Umständen, unter welchen dieselbe zur elektrischen Thätigkeit kommt, ganz und gar nichts, so sollte man, denke ich, auf die Vermuthung kommen, bei der chemischen Wechselwirkung werde das elektrische Gleichgewicht derselben gestört. Wie mir scheint, berechtigen uns manche Thatsachen zu der Ansicht, dafs die elektrischen Erscheinungen eben so gut, als die Licht- und Wärmephänomene eigentliche Bewegungszustände seyen, und dafs drei Arten von Erscheinungen durch eine und dieselbe Ursache in den Körpern veranlaßt werden können. Die Erfahrung lehrt, dafs wenn Wärme, wenn Licht, wenn Electricität aus Materien entbunden oder vielmehr durch dieselben erregt werden sollen, diefs nicht geschehen kann, ohne dafs in der Molecularconstitution oder Aggregation dieser Materien irgend eine Veränderung veranstalet wird. Man vergleiche nur genau die Bedingungen mit einander, unter welchen die drei genannten Agentien zur Thätigkeit kommen, und man wird an der Richtigkeit der voranstehenden Bemerkung nicht mehr zwei-

feln. Betrachtet man nun dasjenige, was die Physiker einen Strom nennen, als einen eigenthümlichen Bewegungszustand, entweder der Theilchen der Körper, in welchen das Stromphänomen stattfindet, oder eines Aethers, mit welchem man die Zwischenräume dieser Körper ausgefüllt denken kann, oder aber als einen Bewegungszustand beider zugleich, so begreift sich auch nicht schwer, wie letzterer durch sehr verschiedenartige Ursachen herbeigeführt werden kann. Durch wie viele Mittel kann der gleiche Körper z. B. in den schallenden Zustand versetzt werden; hat man doch in neuester Zeit sogar durch den Magnetismus Töne hervorgebracht. Wie verschieden aber auch die schallerregenden Ursachen seyn mögen, darin müssen sie alle mit einander übereinstimmen, daß sie das Vermögen besitzen, die materiellen Theile eines Körpers aus dem Zustand der Ruhe in den Zustand der Bewegung zu bringen. Ganz so, denke ich mir, verhalte es sich mit den elektro-motorischen Ursachen; sie müssen alle die bestimmte Bewegung, welche den Strom constituirt, zu veranlassen im Stande seyn. Wenn nun Magnetismus und Chemismus unter gegebenen Umständen Wärme und Licht erregen; warum sollte letzterer nicht wie ersterer auch einen Volta'schen Strom verursachen können? wenn Wärme und Chemismus Licht hervorrufen, warum sollte dieser nicht wie jene das elektrische Gleichgewicht der Körper zu stören vermögen? Warum sollten also magneto- und thermo-elektrische Ströme Thatsachen seyn, welche die Existenz chemisch-elektrischer Ströme zweifelhaft machen? Ich sehe keinen Grund für einen solchen Zweifel. Analogien, theoretische Rücksichten und Thatsachen lassen, um mich kurz zu fassen, den Contact als solchen als die allerunwahrscheinlichste Stromquelle erscheinen, während uns dieselben den Chemismus, zwar nicht als die ausschließliche, aber als eine der allkräftigsten elektro-motorischen Ursachen erkennen lassen. Ich trage die Ueber-

zeugung, dafs wenn man nur einmal anfängt, die Stromerscheinungen als blofse Bewegungszustände, und nicht mehr als Aeußerungen einer oder mehrerer imponderabile Materien zu betrachten, vieles klar werden wird, was jetzt noch dunkel ist. Glücklicherweise hat nie ein Physiker den unglücklichen Gedanken gehabt, die Schallphänomene aus einem Schallstoff erklären zu wollen; sonst läge wohl die Akustik noch sehr im Argen. Die nächste Generation vielleicht schon wird über unseren Glauben an die Existenz einer eigenthümlichen elektrischen Materie eben so lächeln, als manche Physiker bereits diejenigen bemitleiden, welche heutigen Tages noch von einem Wärme- und Lichtstoff reden, und mit demselben umspringen, wie der Chemiker mit seinem Sauerstoff und Wasserstoff.

Basel, im December 1838.

VI. *Ueber die Gesetzmäßigkeit in der chemischen Wirkung der Volta'schen Batterie.*

Im October vorigen Jahres hat Hr. Walker der elektrischen Gesellschaft zu London die Ergebnisse verschiedener Versuche mitgetheilt, die von ihm mittelst einer sehr kräftigen Batterie über das Verhältniß der chemischen Wirkung zur Anzahl und Gröfse der Plattenpaare angestellt wurden ¹⁾. Die angewandte Batterie, nach Daniell's Princip der constanten Wirkung erbaut, bestand aus 160 Elementen, in eben so viel Porcellangefäße vertheilt. Das Zink stand in Salzwasser, das Kupfer, jenes umgebend, in Kupfervitriollösung; Pappcylinder trennten beide Flüssigkeiten. Je 20 Plattenpaare waren zunächst nach dem Princip der Säule vereinigt, und diese acht Gruppen konnten dann fernerweitig ver-

1) *Annals of Electricity*, Vol. III p. 421.

bunden werden. Sie anfangs nach und nach zu einer Batterie von 160 Gliedern verbindend, erhielt er, als er ein mit Schwefelsäure angesäuertes Wasser ihrer Wirkung aussetzte, folgendes Resultat:

Zeit zur Entwicklung von 1 Kbkzll. Gasgemenge.

Plattenpaare:	20 ; 40 ; 60 ; 80 ; 100 ; 120 ; 140 ; 160
Zeit	42" ; 35" ; 33" ; 30" ; 28" ; 27" ; 28" ; 28"

Daraus würde dann folgen, daß die chemische Wirkung einer Volta'schen Batterie, in deren Kreis ein *passives* Glied (die Zersetzungszelle) eingeschaltet ist, nicht fortwährend mit der Zahl der *activen* Glieder wachse, sondern bei einer gewissen Anzahl (hier 120) ein *Maximum* erreiche.

Bei Aufnahme dieser Notiz in die *Bibliothèque universelle*, Ser. III T. XVIII p. 371, macht Hr. De la Rive die Bemerkung, daß er das nämliche Resultat bereits in seiner *Abhandlung über die Ursachen der Volta'schen Elektrizität* angegeben habe ¹). Derselbe scheint indess übersehen zu haben, daß Hr. Walker noch zwei Versuchsreihen anführt, die dem obigen Schlusse nicht günstig sind. Diese ergaben nämlich:

I. Zeit zur Entwicklung von 1 Kbkzll. Knallgas.

Plattenpaare:	20 ; 40 ; 60 ; 80 ; 100 ; 120 ; 140 ; 160
Zeit	37" ; 35" ; 35" ; 33" ; 33" ; 33" ; 32" ; 31"

II. Zeit zur Entwicklung von 1,2 Kbkzll. Knallgas.

Plattenpaare:	40 ; 60 ; 80 ; 100 ; 120 ; 140 ; 160
Zeit	330" ; 210" ; 155" ; 95" ; 85" ; 50" ; 40"

In diesen Reihen zeigt sich *kein Maximum*, vielmehr nimmt die Wirkung (die Gasmenge in einer bestimmten Zeit) fortwährend zu mit der Zahl der Plattenpaare, in der ersten Reihe, wo die Zersetzungszelle ge-

1) *Annual*, Bd. XXXX S. 530.

säuertes Wasser enthielt, langsamer als in der zweiten, wo diese Zellen mit reinem Wasser gefüllt war.

Beide Resultate, die mit der Plattenzahl *fortwährend steigende Wirkung*, und die *schnellere Zunahme* bei der *schlechter* leitenden Flüssigkeit, stehen mit dem, wenigstens bei uns in Deutschland, als richtig Anerkann-ten so in Einklang, daß man die in der ersten Versuchsreihe vorhandene Anzeige eines (noch dazu sehr schwachen) Maximums unbedenklich auf Rechnung einer Zufälligkeit schieben kann.

Dagegen sprechen nun zwar die Versuche, auf welche Hr. De la Rive sich beruft, da diese sowohl in der chemischen als thermischen Wirkung ein Maximum bei einer gewissen Plattenzahl ergeben haben (Annalen, Bd. XXXX S. 530). Allein, wohl zu merken, hat Derselbe, seinem eigenen Geständnisse nach, ein solches Maximum bei einer frisch erbauten, in voller Thätigkeit befindlichen Batterie niemals beobachtet, sondern immer nur bei einer mehr oder weniger erschöpften, bei welcher er selber die einzelnen Plattenpaare als von ungleicher Beschaffenheit voraussetzt. Wenn indess die Plattenpaare oder Glieder der Batterie ungleich sind, und man die Intensität des Stroms, so wie den Widerstand für jedes einzelne Glied nicht kennt, so kann man auch aus den Resultaten eines unter solchen Umständen angestellten Versuchs nichts folgern, über die Relation zwischen der Plattenzahl und der Intensität des Stroms der aus diesen Platten erbauten Batterie kein bestimmtes Urtheil fällen.

Bezeichnen wir nämlich durch $e, e', e'', e''' \dots$ die elektro-motorische Kraft der einzelnen Glieder einer Batterie (oder, anders gesagt, die Elektrizitätsmenge, welche in der Zeiteinheit durch jeden Querschnitt derselben strömen würde, wenn sie einzeln durch ihre Verbindungsdrähte zur Kette geschlossen wären), durch $\omega, \omega', \omega'', \omega''' \dots$ den Widerstand in denselben (den Ver-

bindungsdraht bei jedem mitgezählt), und z den Widerstand in dem passiven Gliede (der Zersetzungszelle, dem Thermometer, oder Multiplikator), so ist nach der Ohm'schen Theorie, welche als die Basis eines rationellen Studiums aller elektrischen Ströme angesehen werden muß, die Intensität I des Stroms der Batterie:

$$\frac{e + e' + e'' + e''' + \dots}{\varpi + \varpi' + \varpi'' + \varpi''' + \dots + z} = I.$$

Hieraus erhellt zur Genüge, daß I bei Aufbaue einer Batterie bald zu- bald abnehmen muß, je nachdem bei den hinzugefügten Gliedern die Werthe der Brüche $\frac{e^{IV}}{\varpi^{IV}}$, $\frac{e^V}{\varpi^V} \dots$ entweder eben so groß (oder größer) oder kleiner als die $\frac{e}{\varpi}$, $\frac{e'}{\varpi'} \dots$ der schon vorhandenen Glieder sind, daß ferner auf diese Zu- und Abnahme der Werth von z einen sehr bedeutenden Einfluss ausübt.

Hat unter den Brüchen, welche die Intensität der Ströme der einzelnen Glieder, für sich geschlossen, bezeichnen, $\frac{e}{\varpi}$ den größten und $\frac{e''}{\varpi''}$ den kleinsten Werth, und ist n die Anzahl der Glieder der Batterie, so liegt der Werth von I immer zwischen:

$$\frac{ne}{n\varpi + z} \quad \text{und} \quad \frac{ne''}{n\varpi'' + z},$$

und niemals kann er die eine oder die andere Gränze vollständig erreichen, sobald nicht alle Glieder dem Werthe $\frac{e}{\varpi}$ oder $\frac{e''}{\varpi''}$ entsprechen.

Es muß daher auch nur der (zum Theil in der Unbeständigkeit des Zustandes der Batterie begründeten) Mangelhaftigkeit der Messungen zugeschrieben werden, wenn man gefunden hat, daß, bei einer Batterie aus ungleich starken Gliedern, die Intensität immer dem schwächsten Gliede entspreche, oder vielmehr der Intensität ei-

ner aus lauter solchen Gliedern erbauten Batterie gleichkomme ¹).

Was hier so eben von der Intensität des Stroms einer Batterie gesagt worden, gilt auch für die chemische Wirkung derselben, d. h. für die Masse des von ihr in jeder Zelle in bestimmter Zeit zersetzten Körpers, denn sie ist, so lehrt es das Faraday'sche Gesetz, der Intensität des Stroms oder der Elektrizitätsmenge, welche in dieser Zeit durch die gesammte Fläche irgend eines Querschnitts der Batterie geht, direct proportional ²).

Hr. Walker hat ferner einen Versuch angestellt, bei welchem er die erwähnten acht Gruppen von Ele-

1) S. De la Rive (Ann. Bd. XXXX S. 533) und Faraday (Ann. Bd. XXXV S. 237).

2) Diese Proportionalität beginnt indess erst bei einem gewissen, für verschiedene Substanzen verschiedenen Grad von Intensität des Stromes. Unterhalb dieses Intensitätsgrades geht der Strom entweder ohne Zersetzung, bloß auf dem Wege der Leitung, durch die seiner Wirkung unterworfenen Substanz, oder er bewirkt eine so geringe Zersetzung, daß die Producte derselben, z. B. Wasserstoff und Sauerstoff, bei der Wasserzersetzung, in der Flüssigkeit gelöst bleiben. Für letzteren Fall spricht der schon von Becquerel bemerkte Umstand, daß Platinplatten, wenn sie zu den Polen einer einfachen Volta'schen Kette genommen werden, Polarität erlangen. Im ersteren Falle, und auch wenn beide Fälle zugleich stattfänden, wäre es möglich, daß selbst oberhalb jenes Intensitätsgrades, also bei schon erfolgter Zersetzung, immer noch ein Theil, und zwar ein nach der Substanz und Temperatur verschiedener Theil der Elektrizität bloß geleitet durch dieselbe ginge, und alsdann würde man mit der Magnetnadel oder dem Thermometer immer eine größere Strom-Intensität messen, als durch die Masse der zersetzten Substanz. Indess zeigen Pouillet's Versuche (Ann. Bd. XXXXII S. 303), daß die Intensität des Stroms, gemessen durch die Magnetnadel, innerhalb gewisser Gränzen, wobei sie vom Einfachen auf's Sechsfache schwankte, der chemischen Wirkung proportional ist, und daraus würde folgen, daß innerhalb dieser Gränzen bei bereits eingetretener Zersetzung entweder alle durchströmende Elektrizität zu dieser Zersetzung verwandt

menten mit ihren gleichnamigen Polen vereinigte, so daß er eine Batterie aus 20 Gliedern von achtfacher Platten-
größe

wird, oder wenn ein Theil noch nebenher geleitet durchgeht, dieser Theil in einem beständigen Verhältniß zu demjenigen steht, der die Zersetzung bewirkt. Bei sehr hohen Graden von Intensität oder Dichtigkeit des Stroms, wie sie mit der Maschinen-Elektricität zu erreichen sind, verhalten sich die Sachen anders, wie noch aus den Versuchen des Dr. Riefs, S. 75 dieses Hefts, zu ershen ist; allein dann bleiben auch die Ablenkungen der Magnetnadel aus.

Von der Intensität I , der Intensität der Gesammtfläche eines Querschnitts der Kette, hat man wohl zu unterscheiden die Intensität der einzelnen Punkte des Querschnitts. Jene ist die Summe dieser, und bleibt für alle Querschnitte einer Kette dieselbe; diese dagegen ist, wenn auch erstere gleich bleibt, kleiner oder größer, je nachdem der Querschnitt mehr oder weniger Ausdehnung hat. Oder anders gesagt, es ist $I = si$, wenn s die Größe eines Querschnitts und i die Intensität der einzelnen Punkte desselben bezeichnet. Der chemische Effect, d. h. die Masse des in jeder Zelle in einer bestimmten Zeit zersetzten Körpers hängt nur von der Intensität I ab; man kann, wie Faraday gezeigt hat, die Polarplatten einer Säule ohne Aenderung des Effects vergrößern oder verringern, so lange dadurch nur nicht erstens die Intensität I merkbar verändert wird (im geringen Grade muß dieß jedoch selbst bei einer vielplattigen Säule immer der Fall seyn), und zweitens, bei einer Vergrößerung des Querschnitts, die Intensität i nicht unter die zur (wahrnehmbaren) Zersetzung des Körpers nothwendige Größe herabsinkt.

Es ist die Intensität i , welche Faraday meint, wenn er, in Bezug auf obige Erfahrung (Ann. Bd. XXXIII S. 325 §. 726), sagt: *eine Intensitätsveränderung habe keinen Einfluß auf die Resultate* (den Effect im Voltameter), *wenn nur die Elektricitätsmenge* (d. h. I) *dieselbe bleibe*. Es ist ferner die mit Verkleinerung des Querschnitts s eintretende Steigerung von i , welche bewirkt, wie Andrews (Ann. Bd. XXXI S. 166) gezeigt hat, daß man selbst mit einer einfachen Zink-Platin-Kette Wasser zersetzen kann, wenn deren Platinpole aus einer Platte und einer Spitze bestehen. Daß Derselbe bei Anwendung zweier Platindrähte als Pole keine Wasserzersetzung eintreten sah, konnte seinen Grund wohl darin haben, daß dann I , welches bei einer einfachen Kette durch jede Veränderung von s immer stark geändert wird, zu sehr geschwächt würde. Bei größerer Fläche der erregenden Platten würde der Erfolg selbst mit zwei Drähten nicht negativ gewesen seyn.

gröfse und achtfacher Dicke der Verbindungsdrähte bekam, deren zusammengesetzten Pole alsdann in zwei Quecksilbernäpfe getaucht, und mittelst dieser mit einem Voltameter, welches gesäuertes Wasser enthielt, in Gemeinschaft gesetzt wurden. Er erhielt nun vier und ein halb Mal so viel Gas wie zuvor in derselben Zeit mit der Batterie aus 160 Elementen von einfacher Gröfse, ein Resultat, welches er für die practische Anwendung Volta'scher Batterie für sehr wichtig hält.

Wir wollen die Wichtigkeit dieses Resultats nicht in Abrede stellen, müssen indess bemerken, dafs es, selbst wenn es noch nie beobachtet seyn sollte, mit Sicherheit vorauszusehen gewesen wäre.

Behalten wir nämlich die früher gewählte Bezeichnung bei, und nehmen an, dafs die Glieder der Batterie alle in allen Stücken einander vollkommen gleich seyen, so hat man für die Intensität der Batterie aus 160 Gliedern den Ausdruck:

$$I = \frac{160 \cdot e}{160 \varpi + z}.$$

Der vereinigte Strom der 8 Säulen aus 20 Elementen ist gleichwerthig dem Strom einer einzigen Säule aus 20 Elementen von achtfacher Plattengröfse und achtfacher Dicke der Verbindungsdrähte oder von achtfach geringerem Widerstand. Für dessen Intensität I' hat man also:

$$I' = \frac{20 \cdot e}{20 \cdot \frac{1}{8} \varpi + z}.$$

Das Verhältnifs beider Intensitäten ist demnach:

$$\frac{I'}{I} = \frac{160 \varpi + z}{20 \varpi + 8z}.$$

Bei gegebener Zahl und Gröfse der Platten hängt diefs Verhältnifs also ganz von den Werthen der Gröfsen ϖ und z ab. Ist $z = 20 \varpi$, was leicht der Fall seyn könnte, wenn in der Zersetzungszelle reines Wasser und in den übrigen Zellen eine Säure oder Salzlösung ent-

halten wäre, so würde $I' = I$, d. h. beide Säulen würden gleich stark wirken. Bei größeren Werthen von z wird I' kleiner als I oder die Säule von 20 Elementen schwächer wirken, als die von 160; bei kleineren Werthen von z findet dagegen das Umgekehrte statt. Wäre z. B. $z = \omega$, was ungefähr der Fall bei Hrn. Walker's Versuchen gewesen seyn möchte, da derselbe gesäuertes Wasser in der Zersetzungszelle anwandte, so hätte man:

$$I' = \frac{161}{28} = 5,75 \cdot I,$$

und es würde also die Säule aus 20 Elementen von 8facher Größe in derselben Zeit 5,75 Mal so viel Wasser zersetzen, als die Säule aus 160 Elementen von einfacher Größe.

Ueberhaupt hat man für die Strom-Intensität I einer Säule aus m Elementen und für die Intensität I' einer anderen Säule aus $\frac{m}{p}$ Elementen von p facher Größe, wenn beide mit derselben Flüssigkeit geladen sind, und auf dieselbe Flüssigkeit zersetzend einwirken, die Ausdrücke:

$$I = \frac{m e}{m \omega + z} ; I' = \frac{m e p}{m \omega + p^2 z},$$

und wenn man den letzteren Ausdruck in Bezug auf I' und p differentiirt, findet man ¹⁾, dass I' ein Maximum ist, wenn

$$p = \sqrt{m \cdot \frac{\omega}{z}} \text{ wodurch dann } I' = \frac{1}{2} e \sqrt{\frac{m}{\omega z}}.$$

Wäre $m = 100$, d. h. hätte man ursprünglich eine Säule von 100 Plattenpaaren, und wäre zugleich $\omega = z$, so würde man also das Maximum des chemischen Effects bekommen (oder in gegebener Zeit die größte Quantität von dem in der passiven Zelle befindlichen Körper

1) Ganz wie S. 517 des vorhergehenden Bandes.

zersetzt erhalten), wenn man aus derselben 10 Säulen von 10 Plattenpaaren bildete und diese neben einander wirken liefse. Je gröfser z in Bezug auf ω , d. h. (abgesehen vom Uebergangswiderstand) je *schlechter* die Flüssigkeit in der Zersetzungszelle gegen die in den übrigen Zellen leitet, desto *kleiner* wird p , desto *weniger* partielle Säulen von *gröfserer* Plattenzahl wird man also aus der ursprünglichen Säule zu bilden haben, um das Maximum des Effects zu erreichen. Wäre z. B. $z=2\omega$, so würde p nahe $=7$, und man würde also mit 7 Säulen von 14 Plattenpaaren dem Maximum am nächsten kommen.

Alles dieses sind sehr einfache Folgerungen aus der Ohm'schen Theorie; da indess diese Theorie, selbst bei uns, noch lange nicht die Anerkennung gefunden hat, die sie wegen ihrer Unentbehrlichkeit zur gründlichen Einsicht in die Wirkungsweise der elektrischen Ströme zu finden verdient, ja bei den Physikern in Frankreich und England so gut wie völlig unbekannt ist ¹⁾ (daher denn auch dort eine große Anzahl von Versuchen gemacht wird, die ganz unnütz sind, entweder weil man deren Resultate vorhersehen kann, oder weil sich, wegen vernachlässigter Bestimmung der nothwendigsten Data, keine reinen Resultate aus ihnen ableiten lassen), so wird es nicht überflüssig gewesen seyn, an einem speciellen und leicht falschen Beispiel ihren Nutzen gezeigt zu haben.

P.

1) Mit Ausnahme Pouillet's, der indess erst i. J. 1837 mit einem Theile dessen hervorgetreten ist, was Ohm zehn Jahre früher erwiesen hat.

VII. *Zersetzung und Rückbildung von Wasser durch eine einfache Platinkette.*

Folgenden Versuch beschreibt Hr. Grove im *Phil. Mag. Ser. III Vol. XIV p. 129*. Zwei Platinstreifen, 2" lang und $\frac{3}{8}$ " breit, waren senkrecht und wenig von einander entfernt, in dem Boden einer mit verdünnter Schwefelsäure gefüllten Glasschale hermetisch befestigt, so dafs sie unten herausragten, und, um sie vollkommen zu säubern, waren anfangs beide eine Zeit lang als positiver Pol einer Volta'schen Batterie gebraucht. Dann wurde die Batterie entfernt, und über jede Platte eine Glasröhre gestürzt, von denen die eine mit Wasserstoff, die andere mit Sauerstoff zur Hälfte angefüllt war. Je nachdem man die Röhren tiefer oder höher gestellt hatte, standen die Platten entweder ganz in der Säure, oder zur Hälfte in der Säure und zur Hälfte in den respectiven Gasen. Im ersteren Fall zeigte das Galvanometer, das mit den herausragenden Enden der Platten verbunden war, kaum einen Strom an; im letzteren Fall, der theilweisen Berührung mit den Gasen nämlich, erfolgte eine heftige Ausbiegung der Nadel und eine bleibende Ablenkung von 15°. Das Platin im Wasserstoff verhielt sich wie das Zink einer Volta'schen Kette.

Wenn man die Platinplatten, während sie zur Hälfte in die Gase hineinragten, mit den Metallen einer einfachen Volta'schen Kette verband, die im Sauerstoff mit dem Zink, die im Wasserstoff mit dem Kupfer, so erfolgte ein rasches und starkes Steigen der Säure, in der mit Wasserstoff gebildeten Röhre ein doppelt so starkes als in der andern. Zu der Wasserzersetzung gesellte sich hier also sogleich eine Wiedervereinigung der Gase, vermöge der bekannten Eigenschaft des Platins, die hier durch den Strom der Kette scheint erhöht worden zu seyn ¹⁾. Die Wasserzersetzung war hier übrigens, wie ersichtlich, das Werk zweier Ketten.

1) Dieselbe Erscheinung zeigte sich auch bei der obigen Kette aus Platin, die übrigens nur von kurzer Wirksamkeit war.

VIII. *Ueber die Vorausbestimmung des specifischen Gewichts einiger Klassen chemischer Verbindungen; von Hermann Kopp.*

Die Frage, ob die Aenderung der Dichtigkeit, welche ein Gemenge erleidet, wenn es in eine chemische Verbindung übergeht, bestimmten Gesetzen folge, und welche diese Gesetze seyen, ist im Ganzen erst von wenigen Physikern behandelt worden, unter denen besonders Herapath, Boullay und Karsten zu nennen sind. Die Untersuchungen derselben haben entweder zu dem Schlusse geführt, es existire kein bestimmtes Gesetz darüber, oder sie verleiteten zur Aufstellung von Gesetzen, die sich als falsch erwiesen.

Der am nächsten liegende Weg, über die Entstehung des specifischen Gewichts einer chemischen Verbindung zu urtheilen, ist der, es mit dem einer analogen Mischung zu vergleichen. In den Fällen, wo dies nicht geradezu möglich ist, nämlich wo man nur das specifische Gewicht des einen Bestandtheils kennt, versuchte man eine Vergleichung so, daß man diejenige Dichtigkeit suchte, die, wenn sie dem andern Bestandtheil zukäme, eine Mischung von dem specifischen Gewicht der chemischen Verbindung hervorbrächte. Dies letztere Verfahren führt jedoch nicht nur zu keinem Gesetz, sondern sogar zu Ungereimtheiten. So müßte, wenn wir uns die Dichtigkeiten der Metalle als durch Mischungen von Metall und nicht expandirtem Sauerstoff hervorgebracht denken, der letztere in den verschiedenen Oxyden ein verschiedenes specifisches Gewicht, von $-0,63$ bis $+5,76$ variirend, haben. Eben so müßte das specifische Gewicht des Chlors in den verschiedenen Metallchloriden zwischen $-5,50$ bis $+8,27$; das des Broms

zwischen +3,26 bis +35,97; das des Jods zwischen +3,47 bis 11,09 wechseln, ohne dafs irgend eine Regelmäßigkeit stattfände.

Ich habe einen anderen Weg eingeschlagen, der mir näher zum Ziel zu führen scheint. In den vorliegenden Zeilen will ich mich auf die Mittheilung dessen beschränken, was sich auf die Dichtigkeit chemischer Verbindungen der Metalle bezieht.

Sey A das Mischungsgewicht, S das specifische Gewicht des negativeren; a , s dieselben Eigenschaften des positiveren Bestandtheils (des Metalls). Wir wollen noch die Gröfsen $V = \frac{A}{S}$ und $v = \frac{a}{s}$ einführen. Dann

ist das specifische Gewicht der Mischung $d = \frac{A+a}{V+v}$.

Es gehe nun diese Mischung in eine chemische Verbindung über, wo sich die Dichtigkeit ändert; aus d werde D . Es fragt sich also, in welchem Verhältnisse d zu D stehe, oder, welches der Coëfficient sey, der, mit d multiplicirt, D hervorbringe.

Es scheint mir am einfachsten und sachgemäfsesten, die Aenderung von d als durch beide Bestandtheile verursacht anzusehen, also jedem Bestandtheile einen Einflufs auf die Dichtigkeit beizulegen. Bezeichne x den Einflufs des negativeren Bestandtheils, y den des positiveren. Es erscheint eben so nahe liegend, dafs der Einflufs jedes Bestandtheils mit der Masse desselben wachsend, aber auf die beiden Bestandtheile wirksam und vertheilt zu betrachten sey. In dieser Voraussetzung nimmt der ändernde Coëfficient die Gestalt $\frac{Ax+ay}{A+a}$

an, und es wird $D = d \cdot \frac{Ax+ay}{A+a} = \frac{Ax+ay}{V+v}$.

Wir haben bisher angenommen, das specifische Gewicht beider Bestandtheile sey bekannt. Oft ist diefs aber nicht der Fall, z. B. in den Oxyden bei dem Sauer-

stoff. Mit Hülfe der Formel für die Dichtigkeit einer Mischung auf das unbekanntes specifische Gewicht zu schließen, führt, wie wir oben sahen, zu Widersprüchen.

Führen wir jedoch in unsere letzte Formel $\frac{A}{z}$ statt V ein, wo wir auch z unbekannt, aber constant setzen, so haben wir in $D = \frac{Ax + ay}{\frac{A}{z} + v}$ drei unbekanntes Grö-

ßen, welche aufzufinden wir mehrere Beobachtungen, in welchen d , a , v , D bekannt sind, zu Hülfe nehmen müssen. Das so gefundene z kann jedoch nicht für das genaue specifische Gewicht angesehen werden, indem auf der einen Seite der Gleichung, wo v in den meisten Fällen nur klein ist, sich x , y , $\frac{1}{z}$ bedeutend ändern können, während D nur wenig dadurch verändert wird.

Uebrigens scheinen in derselben Klasse analoger Körper, z. B. in allen Metalloxyden, x , y und z dieselben, constanten Werthe zu haben. Ob diese Constanz sich auch in anderen, nicht metallischen Verbindungen finde, bleibt zweifelhaft.

Was die Herleitung der später anzuführenden Zahlenwerthe x , y , z betrifft, so ist Folgendes zu bemerken: Aus allen Beobachtungen derselben Klasse diese Gröößen mittelst der Methode der kleinsten Quadrate herzuleiten, schien mir nicht rätlich, indem die Angaben über die Dichtigkeit desselben Körpers zu unbestimmt von einander abweichen, und auch die Dichtigkeit je nach dem Aggregationszustande variirt; so daß jetzt noch auf eine ganz genaue Auffindung zu verzichten ist. Aus je drei Beobachtungen kann man x , y , z herleiten, und je drei andere Beobachtungen derselben Klasse geben zwar x , y und z etwas verschieden, jedoch nur selten so bedeutend abweichend, daß Beobachtungsfehler nicht die Ursache seyn könnten. Die im Mittel aus mehreren

solchen Combinationen gefundenen Werthe von x , y , z für jede Klasse sind es, die ich im Folgenden mittheilen werde.

Noch ist zu bemerken, dafs, da die zu untersuchenden Verbindungen meistens aus gleichen Mischungsgewichten beider Bestandtheile zusammengesetzt sind, V und v dann Mischungsgewicht, getheilt durch specifisches Gewicht, bedeuten. Ich werde auf diesen Begriff, den man *specifisches Volum* nennen könnte, sogleich zurückkommen, da er mit dem Wesen der Körper in nahem Zusammenhang zu stehen scheint. In der folgenden Tabelle will ich noch die gebrauchten Dichtigkeiten, Mischungsgewichte und specifischen Volumina der im Folgenden vorkommenden Körper mittheilen:

	Spec. Gewicht.	Mischungsgewicht	Spec. Volum.
Sauerstoff		8,01	
Aluminium		9,14	
Magnium		12,66	
Phosphor	1,77	15,72	8,88
Schwefel	2,00	16,12	8,06
Glycium		17,66	
Calcium		20,51	
Natrium	0,97	23,31	24,03
Eisen	7,79	27,18	3,49
Mangan	8,03	27,67	3,44
Chrom	5,09	28,19	5,53
Kobalt	8,51	29,56	3,47
Nickel	8,66	29,62	3,42
Kupfer	8,72	31,70	3,63
Yttrium		32,20	
Zink	6,92	32,31	4,67
Chlor	1,33	35,47	26,66
Kalium	0,86	39,25	45,64
Selen	4,32	39,63	9,17
Strontium		43,08	
Molybdän	8,62	47,96	5,56
Kadmium	8,64	55,83	6,46
Zinn	7,29	58,92	8,08

	Spec. Gewicht.	Mischungsgewicht	Spec. Volum.
Antimon	6,70	64,62	9,64
Baryum		68,66	
Wismuth	9,65	71,07	7,37
Brom	2,97	78,39	26,40
Wolfram	17,40	94,81	5,45
Gold	19,26	99,60	5,17
Quecksilber	13,56	101,43	7,47
Blei	11,39	103,73	9,11
Silber	10,43	108,30	10,38
Jod	4,95	126,47	25,55

Wir wollen einen Augenblick bei dem oben aufgestellten Begriff: specifisches Volum, stehen bleiben. Wie die Mischungsgewichte Verhältniszahlen in Hinsicht auf die Masse sind, so sind es die specifischen Volumina in Hinsicht auf den Raum. Die letzte Spalte der eben mitgetheilten Tabelle zeigt uns interessante Uebereinstimmungen zwischen ähnlichem chemischen Verhalten und gleichem specifischen Volum. Das letztere ist bei Jod, Chlor, Brom gleich grofs. Es ist gleich bei ähnlichen Metallen, wie bei Chrom, Wolfram, Molybdän; bei Eisen, Mangan, Nickel, Kobalt. Es ist bei dem Kalium beinahe noch einmal so grofs, als bei dem Natrium; bei dem Silber genau das Doppelte von dem des Goldes. Es ist endlich das specifische Volum des Schwefels nahe gleich dem des Phosphors, und das des letzteren nahe gleich dem des Selens. Worauf gleiches specifisches Volum vorzüglich hindeute, werden wir unten, wenn wir in den Stand gesetzt sind, noch einige Substanzen hinsichtlich dieser Eigenschaft in den Kreis der Untersuchung zu ziehen, betrachten. Hier nur noch das, das man die Uebereinstimmung zwischen Jod, Chlor und Brom auch als gleichmäfsige Ausdehnung beim Uebergang in den expandirten Zustand ansehen kann, indem bei diesen drei Körpern das specifische Gewicht im starren oder flüssigen Zustand an 430 Mal so grofs ist als im gasförmigen.

Gehen wir nun zu den Formeln für die einzelnen Verbindungsklassen über. Für jede Klasse folgen zwei Formeln; die erste allgemein, die zweite für die Verbindungen aus gleichen Mischungsgewichten beider Bestandtheile, als bei weitem die häufigsten, gültig. Zur Bezeichnung der Columnen sind stets folgende Zeichen beibehalten: α giebt das Verhältniß, in welchem die Mischungsgewichte beider Bestandtheile mit einander verbunden sind; β den Beobachter und γ das von demselben beobachtete specifische Gewicht; δ giebt das specifische Gewicht, gefunden nach der, der jedesmaligen Tabelle vorausgehenden Formel; ε das specifische Gewicht einer analogen Mischung, in den Fällen, wo beide Bestandtheile ihrer Dichtigkeit nach bekannt sind.

I. O x y d e.

$$\text{Allgemeine Formel: } D = \frac{A \cdot 11,0 + a \cdot 1,3}{\frac{A}{0,43} + v}$$

Formel für die Verbindungen von 1 Mischungsgewicht Sauerstoff mit 1 Mischungsgewicht Metall:

$$D = \frac{88,11 + a \cdot 1,3}{18,42 + v}$$

Verbindung von Sauerstoff und	α .	β .	γ .	δ .
Natrium	1 : 1	Karsten	2,80	2,74
Chrom	3 : 2	Wöhler	5,21	5,10
Eisen	3 : 2	Boullay	5,23	5,38
		Mohs	5,25	
Kobalt	3 : 2	Herapath	5,32	5,48
		Boullay	5,60	
Zink	1 : 1	Karsten	5,73	5,61
		Herapath	6,05	
Kupfer	1 : 2	Royer u. Dumas	5,75	6,59
		Boullay	5,30	
	1 : 1	Boullay	6,13	5,86
	Karsten	6,43		

Verbindung von Sauerstoff und	α .	β .	γ .	δ .
Kalium	1 : 1	Karsten	2,66	2,17
Molybdän	2 : 1	Buchholz	5,67	5,63
Cadmium	1 : 1	Karsten	6,95	6,50
Zinn	1 : 1	Herapath	6,66	6,22
	2 : 1	Boullay	6,90	5,21
		Berzelius	6,64	
Antimon	3 : 2	Boullay	5,78	5,80
		Mohs	5,56	
Wismuth	1 : 1	Boullay	8,97	7,00
		Karsten	8,17	
Wolfram	3 : 1	Berzelius	6,12	6,38
		Karsten	7,14	
		Royer u. Dumas	8,01	
Blei	1 : 1	Karsten	9,21	8,10
		Herapath	9,28	
		Boullay	9,50	
	3 : 2	Herapath	9,09	7,27
		Karsten	8,60	
Quecksilber	1 : 2	Herapath	10,69	10,54
		Karsten	8,95	
	1 : 1	Herapath	11,08	8,50
		Boullay	11,00	
		Karsten	11,19	
Silber	1 : 1	Boullay	7,25	7,95
		Karsten	8,26	

Auffallend ist, daß bei manchen Metallen die höheren Oxydationsstufen specifisch schwerer sind, als die niederen, während nach der Formel das Umgekehrte eintreten müßte. Aber manchmal entspricht auch hierin die Erfahrung der Formel, und es möchte jetzt noch schwer seyn, ein allgemeines Gesetz für beide Fälle aufzufinden.

II. Schwefelmetalle.

Man sollte vermuthen, die Auffindung eines Gesetzes für die Dichtigkeit der Schwefelmetalle müsse am nächsten liegen, weil so viele von ihnen hinsichtlich ihres

specifischen Gewichts genau bestimmt sind. Doch ist diese Klasse die einzige unter den hinsichtlich der Dichtigkeit genauer bekannten und hier untersuchten, wo die verschiedenen Combinationen der Beobachtungen so abweichende Werthe von x und y geben, dafs sich keine Formel mit Sicherheit darauf bauen läfst.

III. Jodmetalle.

$$\text{Allgemeine Formel: } D = \frac{A \cdot 1,6 + a \cdot 0,1}{V + v}.$$

Formel für die Verbindungen von 1 Mischungsgewicht Jod mit 1 Mischungsgewicht Metall:

$$D = \frac{202,35 + a \cdot 0,1}{25,55 + v}.$$

Verbindung von Jod mit	α .	β .	γ .	δ .	ε .
Kalium	1 : 1	Karsten	2,91	2,90	2,32
		Boullay	3,08		
Quecksilber	1 : 2	Karsten	7,64	5,75	8,13
		Boullay	7,75		
	1 : 1	Karsten	6,20	6,43	6,90
		Boullay	6,32		
Blei	1 : 1	Karsten	6,02	6,13	6,64
		Boullay	6,11		
Silber	1 : 1	Karsten	5,03	5,93	6,54
		Boullay	5,67		

IV. Brommetalle.

$$\text{Allgemeine Formel: } D = \frac{A \cdot 1,8 + a \cdot 0,8}{V + v}.$$

Formel für die Verbindungen von 1 Mischungsgewicht Brom mit 1 Mischungsgewicht Metall

$$D = \frac{141,10 + 0,8 a}{26,40 + v}.$$

Die Beobachtungen in der Columnne γ sind die von Karsten.

Verbindung von Brom mit	α .	γ .	δ .	ε .
Kalium	1 : 1	2,41	2,40	1,63
Quecksilber	1 : 1	5,92	6,56	5,31
	1 : 2	7,31	7,33	6,80
Blei	1 : 1	6,63	6,31	5,13
Silber	1 : 1	6,35	6,19	5,08

V. Chlormetalle.

$$\text{Allgemeine Formel: } D = \frac{A \cdot 2,5 + a \cdot 1,0}{V + v}.$$

Formel für die Verbindungen von 1 Mischungsgewicht Chlor mit 1 Mischungsgewicht Metall:

$$D = \frac{88,67 + a}{26,66 + v}.$$

Verbindung von Chlor mit	α .	β .	γ .	δ .	ε .
Natrium	1 : 1	Leslie	2,15	2,21	1,16
		Karsten	2,03		
Quecksilber	1 : 2	Boullay	7,14	7,00	5,72
		Karsten	6,99		
	1 : 1	Boullay	5,42	5,57	4,01
		Karsten	5,40		
Kupfer	1 : 2	Karsten	3,68	4,48	2,91
Kalium	1 : 1	Karsten	1,91	1,77	1,03
Blei	1 : 1	Karsten	5,68	5,38	3,89
		Herapath	5,13		
Silber	1 : 1	Karsten	5,45	5,35	3,88
		Boullay	5,55		

In diesen Zusammenstellungen ist die Uebereinstimmung der Rechnung mit der Beobachtung im Allgemeinen, und das Anschmiegen der Formel an die Erfahrung nicht zu verkennen.

Gehen wir jetzt zu den Gesetzen für die Dichtigkeit einiger Arten von Salzen über. Die zuverlässigsten

specifischen Gewichte (meist von Karsten bestimmt), die nun vorkommen, sind in folgender Uebersicht, der früheren Tabelle analog, zusammengestellt:

	Spec. Gew.	Mischungsgewicht	Spec. Volum.
Kohlensäure		22,14	
Schwefelsäure	1,97	40,15	20,38
Salpetersäure		54,23	
Thonerde	4,15	17,15	4,13
Bittererde	3,20	20,67	6,46
Kalkerde	3,16	28,52	9,03
Natron	2,80	31,32	11,19
Kupferoxyd	6,43	39,71	6,18
Zinkoxyd	5,73	40,32	7,04
Kali	2,66	47,26	17,77
Strontian	3,93	51,09	13,00
Cadmiumoxyd	6,95	63,84	9,18
Baryt	4,73	76,67	16,21
Wismuthoxyd	8,17	79,08	9,68
Bleioxyd	9,21	111,74	12,41
Silberoxyd	8,26	116,31	14,08

In den jetzt folgenden Formeln bezieht sich also a und v nicht auf das Metall, sondern auf das Oxyd. Die Columnne γ ist stets nach den Versuchen von Karsten als den genauesten unter den über die Dichtigkeit der Salze bekannt gewordenen bestimmt.

VI. Kohlensaure Salze.

$$\text{Allgemeine Formel: } D = \frac{A \cdot 1,3 + a \cdot 1,7}{\frac{A}{1,0} + v}$$

Formel für die Verbindungen von 1 Mischungsgewicht Kohlensäure mit 1 Mischungsgewicht Oxyd:

$$D = \frac{28,78 + a \cdot 1,7}{22,14 + v}$$

Verbindung von Kohlensäure mit	α .	γ .	δ .
Kalkerde	1 : 1	2,70	2,48
Natron	1 : 1	2,47	2,47
Kupferoxyd	1 : 2	4,78	4,75
Zinkoxyd	1 : 1	4,38	3,34
Kali	1 : 1	2,26	2,73
Strontian	1 : 1	3,62	3,30
Cadmiumoxyd	1 : 1	4,49	4,40
Baryt	1 : 1	4,30	4,15
Bleioxyd	1 : 1	6,43	6,33
Silberoxyd	1 : 1	6,08	6,25

VII. Schwefelsaure Salze.

$$\text{Allgemeine Formel: } D = \frac{A \cdot 0,9 + a \cdot 1,4}{V + v}.$$

Formel für die Verbindungen von 1 Mischungsgewicht Schwefelsäure mit 1 Mischungsgewicht Oxyd:

$$D = \frac{36,13 + a \cdot 1,4}{20,38 + v}.$$

Die folgenden Salze sind alle einfach saure:

Verbindung von Schwefelsäure und	γ .	δ .	ϵ .
Thonerde	2,74	2,45	2,34
Bittererde	2,61	2,42	2,26
Kalkerde	2,93	2,59	2,33
Natron	2,63	2,53	2,26
Kupferoxyd	3,57	3,46	3,01
Zinkoxyd	3,40	3,37	3,29
Kali	2,62	2,68	2,29
Strontian	3,59	3,23	2,73
Baryt	4,20	3,92	3,19
Bleioxyd	6,17	5,87	4,61
Silberoxyd	5,34	5,77	4,54

VIII. Salpetersaure Salze.

$$\text{Allgemeine Formel: } D = \frac{A \cdot 2,0 + a \cdot 2,2}{\frac{A}{0,77} + v}$$

Formel für die Verbindungen von 1 Mischungsgewicht Salpetersäure mit 1 Mischungsgewicht Oxyd:

$$D = \frac{108,46 + a \cdot 2,2}{70,50 + v}$$

Die folgenden Salze sind alle einfach saure:

Verbindung von Salpetersäure und	γ .	δ .	Verbindung von Salpetersäure und	γ .	δ .
Natron	2,23	2,17	Baryt	3,18	3,19
Kali	2,10	2,40	Bleioxyd	4,40	4,27
Strontian	2,89	2,64	Silberoxyd	4,36	4,31

Auch bei diesen letzten Vergleichen kommen die berechneten Dichtigkeiten den durch Versuche gefundenen im Ganzen so nahe, daß man die Formeln als der Erfahrung entsprechend betrachten kann.

Die einfach sauren Verbindungen in den drei letzten Klassen lassen sich noch anders betrachten, nämlich zusammengesetzt aus 1 Mischungsgewicht Metall einerseits, und einer Verbindung von 1 Mischungsgewicht Säure mit 1 Mischungsgewicht Sauerstoff andererseits. Diesem nach wäre ein Mischungsgewicht Metall verbunden in den kohlen-sauren Salzen mit einem hypothetischen Körper vom Mischungsgewicht 30,15; in den schwefelsauren mit einem vom Mischungsgewicht 48,16; in den salpetersauren endlich mit einem vom Mischungsgewicht 62,24. Wir wollen versuchen, Formeln aufzustellen, mittelst deren man in dieser Voraussetzung aus dem Metall selbst das specifische Gewicht einiger seiner anhydri-schen Salze vorausbestimmen kann. Die Anwendung der

der Formeln für diese Art der Vorausbestimmung beschränkt sich also hier auf die Fälle, wo 1 Mischungsgewicht Säure mit 1 Mischungsgewicht Basis verbunden ist, und letztere aus 1 Mischungsgewicht Metall auf 1 Mischungsgewicht Sauerstoff zusammengesetzt ist.

Nun bezieht sich a und v also wieder auf das Metall selbst, nicht auf das Oxyd.

IX. Kohlensaure Salze.

$$D = \frac{A \cdot 3,8 + a \cdot 1,9}{\frac{A}{0,71} + v} = \frac{114,57 + a \cdot 1,9}{42,21 + v}$$

Kohlensaures	γ .	δ .	Kohlensaures	γ .	δ .
Natron	2,47	2,39	Cadmium	4,49	4,54
Zinkoxyd	4,38	3,75	Bleioxyd	6,43	6,07
Kali	2,26	2,16	Silberoxyd	6,08	6,08

X. Schwefelsaure Salze.

$$D = \frac{A \cdot 3,0 + a \cdot 1,9}{\frac{A}{0,9} + v} = \frac{144,48 + a \cdot 1,9}{52,98 + v}$$

Schwefelsaures	γ .	δ .	Schwefelsaures	γ .	δ .
Natron	2,63	2,45	Kupferoxyd	3,57	3,61
Zinkoxyd	3,40	3,57	Bleioxyd	6,17	5,50
Kali	2,62	2,22	Silberoxyd	5,34	5,53

XI. Salpetersaure Salze.

$$D = \frac{A \cdot 3,0 + a \cdot 2,0}{\frac{A}{0,77} + v} = \frac{186,72 + a \cdot 2,0}{80,91 + v}$$

Salpetersaures	γ .	δ .	Salpetersaures	γ .	δ .
Natron	2,23	2,22	Bleioxyd	4,40	4,38
Kali	2,10	2,09	Silberoxyd	4,36	4,42

Diese Zusammenstellungen sprechen hinlänglich für die Möglichkeit, das specifische Gewicht der Salze aus den Eigenschaften der Metalle selbst herleiten zu können, und für die Tauglichkeit der hier zu diesem Ende aufgestellten Formeln. Ihre Anwendbarkeit zeigt sich besonders in Fällen wie der folgende: Da wir das specifische Gewicht des Eisenoxyduls nicht aus Beobachtung kennen, so läßt sich auf das specifische Gewicht seiner Salze auch nicht nach einer der früheren oder ähnlicher Formeln schliessen; wohl aber nach denjenigen, mit welchen wir uns jetzt beschäftigen, da wir das specifische Gewicht des metallischen Eisens kennen. So findet man denn z. B. nach Formel IX die Dichtigkeit des kohlen-sauren Eisenoxyduls = 3,64. Leonhard giebt sie nach Versuchen als variirend zwischen 3,57 bis 3,82 an.

Die Beantwortung der Frage: wann ist die Verbindung eines Metalls von größerem specifischen Gewicht, wann von geringerem, als das Metall selbst? geschieht einfach so, dafs wir bei den untersuchten Verbindungsklassen den dort aufgestellten Formeln die Form geben:

$$\frac{Ax + ay}{V + \frac{a}{s}} = s.$$

Hierdurch erhalten wir den *Uebergangspunkt*, die Dichtigkeit s , die, wenn sie dem Metall angehört, Gleichheit des specifischen Gewichts des letzteren und der betreffenden Verbindung bedingt. So z. B. finden wir für die Verbindung von 1 Mischungsgewicht Metall mit 1 Mischungsgewicht Sauerstoff $s = 4,79 + 0,016a$. Diese Dichtigkeit s ist bei derselben Art von Verbindungen beinahe constant. So ist sie für die Oxyde mit 2 Mischungsgewichten Sauerstoff $= 4,79 + 0,008a$, so dafs wir 4,8 als den Uebergangspunkt der Metalloxyde bezeichnen können. Um die Uebergangspunkte für die

verschiedenen Verbindungsklassen zusammenzustellen, so sind sie für die Verbindungen von 1 Mischungsgewicht Metall mit 1 Mischungsgewicht Sauerstoff $4,79 + 0,016a$

Jod	$7,92 - 0,035a$
Brom	$5,34 - 0,008a$
Chlor	3,33.

Betrachten wir den Uebergangspunkt bei den Oxyden, so sehen wir, dafs er mit der Gränze zwischen den sogenannten leichten und schweren Metallen zusammenfällt, welche bisher nur ungefähr und gewissermassen willkürlich bestimmt war, indem zwar die Eintheilung durch das verschiedene Verhalten beider Arten von Metallen angedeutet, die Gränze aber keineswegs durch ein bestimmtes Merkmal festgesetzt war. Dafs also alle leichten Metalle ein geringeres specifisches Gewicht haben als ihre Oxyde, die schweren ein umgekehrtes Verfahren befolgen, ist ein Hauptunterscheidungszeichen zwischen beiden Abtheilungen.

Der Ausdruck für einen solchen Uebergangspunkt besteht, wie wir sahen, meistens aus zwei Gröfsen, einer constanten (die von dem Einflufs des constanten negativen Bestandtheils herrührt), und einer veränderlichen (die von dem Mischungsgewicht des jedesmaligen in die Verbindung eingehenden Metalls abhängt). Wenn aber in einer Klasse von Verbindungen (wie z. B. bei den Chloriden) das Metall in Hinsicht auf Dichtigkeit sich immer indifferent zeigt ($y=1$ ist), so kann es, da es überhaupt keinen ändernden Einflufs auf die Dichtigkeit der Verbindung hat, auch keinen auf den Ausdruck für den Uebergangspunkt haben, und dieser ist alsdann allein von dem Einflusse des negativen, constanten Bestandtheils bedingt, und selbst eine constante Gröfse.

Um zu sehen, wann die kohlen-sauren, schwefel-sauren und salpetersauren Salze specifisch schwerer, wann specifisch leichter sind als die Metalle, aus deren Oxyd

ihre Basis besteht, finden wir aus IX, X und XI als Uebergangspunkt

für die kohlen-sauren Salze die Dichtigkeit $2,71 + 0,021 a$;
 - - schwefel-sauren - - - $2,72 + 0,056 a$;
 - - salpete-rsauren - - - $2,31 + 0,021 a$.

Wollen wir aber wissen wie schwer ein Oxyd seyn müsse, um mit gleichviel Mischungsgewicht Säure ein Salz zu bilden, welches dem Oxyd an specifischer Schwere gleichkomme, so geben uns die Formeln VI, VII, VIII als die Uebergangspunkte

für die kohlen-sauren Salze die Dichtigkeit $1,30 + 0,031 a$;
 - - schwefel-sauren - - - $1,77 + 0,019 a$;
 - - salpete-rsauren - - - $1,54 + 0,017 a$;

und auch hier wieder ist das Salz specifisch leichter als das Oxyd, wenn diess letztere eine gröfsere Dichtigkeit hat als die zugehörige von den eben aufgestellten, und umgekehrt.

Selten hat ein Oxyd ein so geringes specifisches Gewicht, wie die zuletzt gegebenen Zahlen, und deshalb sind im Allgemeinen die kohlen-sauren und salpete-rsauren Salze leichter als die Oxyde, aus denen sie entstehen. Doch aber finden wir, dafs die Dichtigkeit des Kalis dem eben für die schwefel-sauren Salze aufgestellten Uebergangspunkte gerade entspricht, und in der That bestätigt die Erfahrung das sich hieraus Ergebende: nämlich auch nach Versuchen (wie aus dem Obigen zu ersehen ist) stimmen die specifischen Gewichte des Kalis und des schwefel-sauren Kalis sehr nahe überein.

Bei der Berechnung einer Verbindung nach der Formel $D = \frac{Ax + ay}{V + v}$ hat das specifische Gewicht des Metalls (in v) zwar einen Einfluss auf die Dichtigkeit der Verbindung; dieser Einfluss ist aber nur mehr oder weniger gering, je nach der Gröfse V . Man kann deshalb

auch umgekehrt nicht mit großer Sicherheit aus der Dichtigkeit einer Metallverbindung auf das spezifische Gewicht des Metalls schließen, indem man in der Formel

$$D = \frac{Ax + ay}{V + \frac{a}{s}} \quad s \text{ unbekannt setzt, wo } s = \frac{aD}{Ax + ay - DV}$$

folgt. Welche Abweichungen sich ergeben, wenn man s auf diese Art aus verschiedenen Verbindungsarten sucht, ersehen wir aus Folgendem: Wir finden

von	aus der Dichtigkeit beobachtet durch	=	die Dichtigkeit von	=
Thonerde	Royer u. Dumas	4,15	Aluminium	1,61
Bittererde	Karsten	3,20	Magnium	0,89
Süßerde	Ekeberg	2,97	Glycium	0,93
Kalkerde	Karsten	3,16	Calcium	1,15
Yttererde	Ekeberg	4,84	Yttrium	3,82
Strontian	Karsten	3,93	Strontium	2,37
Baryt	Karsten	4,73	Baryum	3,60

Ganz anders stellen sich viele dieser spezifischen Gewichte heraus, wenn wir sie, mit Zuhülfeziehung der in X gegebenen x, y, z aus den schwefelsauren Salzen, nach den Dichtigkeitsbestimmungen von Karsten, berechnen. Dann finden wir

	aus der Dichtigkeit von	=	aus der Dichtigkeit von	=
schwefelsaurer Thonerde		2,74	Aluminium	1,50
- - Bittererde		2,61	Magnium	1,09
- - Kalkerde		2,93	Calcium	2,13
schwefelsaurem Strontian		3,59	Strontium	3,35
- - Baryt		4,20	Baryum	5,50

So stark differiren die aus verschiedenen Verbindungen gefundenen spezifischen Gewichte desselben Metalls. Um uns aber doch eine annähernd richtige Idee von der noch unbekanntem Dichtigkeit der letzten fünf Metalle machen zu können (denn einige ungefähre An-

gaben über Strontium und Baryum sind zu unsicher, als das man sie berücksichtigen dürfte), wollen wir aus den Berechnungen nach den Oxyden und den schwefelsauren Salzen das Mittel nehmen; so erhalten wir:

	Spec. Gew.	Spec. Volum.		Spec. Gew.	Spec. Volum.
Aluminium	1,55	5,90	Strontium	2,86	15,07
Magnium	1,01	12,53	Baryum	4,55	15,09
Calcium	1,64	12,51			

Wenn es gleich auffallen muß, das die specifischen Volumina von Magnium und Calcium, und dann die von Strontium und Baryum so außerordentlich genau zusammentreffen, so ist es doch auch klar, wenn wir das oben über das specifische Volum Gesagte bedenken, das wir dies Uebereinstimmen nicht als zufällig betrachten dürfen. Wenn sich auch Magnium und Calcium im chemischen Verhalten mehr von einander entfernen, als Strontium und Baryum, so ist doch beiden Paaren die Eigenschaft des Isomorphismus gemein. Es ließe sich also auf einen Zusammenhang zwischen gleichem specifischen Volum von Metallen und dem Isomorphismus ihrer Verbindungen schließen. Gehen wir dieser Betrachtung nach, so sehen wir (aus der Tabelle, in welcher die specifischen Volumina der Oxyde zusammengestellt sind), das, wenn im schwefelsauren Strontian Baryt an die Stelle des Strontians tritt, wo die Krystallform ungeändert bleibt, der Raum, den der Baryt nun einnimmt, größer ist, als der, den der ausgetretene Strontian erfüllte; den Raum des Strontians gleich 13,00 gesetzt, ist der des Baryts 16,21. Es läßt sich nicht gut denken, wie unter solchen Umständen kein Anlaß zu Krystalländerung gegeben sey. Ganz anders, wenn wir nach der schon obenangeführten Ansicht den schwefelsauren Strontian zusammengesetzt annehmen, aus Schwefelsäure + Sauerstoff einerseits und Strontium andererseits. Wird die Verbindung

zu schwefelsaurem Baryt, so tritt Baryum an die Stelle des Strontiums. In diesem Fall scheiden 43,08 Strontium aus, die einen Raum von 15,07 einnehmen; dafür treten 68,66 Baryum ein, die ein Volum von 15,09 haben, also den vom Strontium verlassenen Raum gerade erfüllen, wobei die Form des Salzes ungeändert bleiben kann. Dieselben Betrachtungen knüpfen sich an den Isomorphismus von Kalkerde und Bittererde; von Eisenoxyd und Manganoxyd; von Eisenoxydul, Manganoxydul, Nickeloxydul, Kobaltoxydul, Kupferoxyd, wo sich die Verbindungen nach der eben erwähnten oder einer analogen Ansicht betrachten lassen, und wo die specifischen Volumina der Metalle je einer Klasse auf eine merkwürdige Art übereinstimmen, wie die Tabellen, in denen sich die specifischen Volumina der Metalle finden, zeigen.

So kann ferner 1 Mischungsgewicht Chlor in Chloridverbindungen 1 Mischungsgewicht Brom oder Jod bei ungeänderter Krystallform vertreten, weil die Raumerfüllung derselben gleich ist. Das molybdänsaure und das wolframsaure Bleioxyd haben analoge Zusammensetzung und gehören in dasselbe Krystallsystem; das specifische Volum des Molybdäns und das des Wolframs sind gleich. Silber und Gold haben dieselbe Krystallform, und das specifische Volum des Silbers ist genau noch ein Mal so groß als das des Goldes. — Erlauben auch manche Verschiedenheiten nicht die Annahme, daß gleiches specifisches Volum stets Isomorphismus bedinge, so zeigen doch die eben angeführten Beispiele, daß in vielen Fällen der Zusammenhang zwischen beiden nicht zu verkennen ist.

Kehren wir, ehe wir diese Betrachtungen schliessen, noch ein Mal zu den durch Rechnung im Mittel gefundenen specifischen Gewichten jener leichten Metalle zurück. Wir wollen ihre Zulässigkeit noch weiter prüfen, indem wir aus ihnen nach den oben gegebenen Formeln die Dichtigkeiten einiger Verbindungen be-

rechnen, und mit den durch Versuche gefundenen vergleichen.

Sauerstoff und	γ .	δ .	Chlor und	γ .	δ .
Aluminium	4,15	4,11	Calcium	2,04	2,79
Magnium	3,20	3,38	Strontium	2,80	3,15
Calcium	3,16	3,71	Baryum	3,70	3,77
Strontium	3,93	4,30	Kohlensäure und	γ .	δ .
Baryum	4,73	5,29			
Schwefelsäure und	γ .	δ .	Kalkerde	2,70	2,81
			Strontian	3,62	3,43
Thonerde Bittererde Kalkerde Strontian Baryt	2,74 2,61 2,93 3,59 4,20	2,75 2,57 2,80 3,33 4,04	Baryt	4,30	4,28
			Salpetersäure und	γ .	δ .
			Baryt	3,18	3,37

Diese Vergleichung zeigt, dafs, wenn auch die gefundenen specifischen Gewichte von Magnium, Calcium, Strontium und Baryum nicht als genau anzusehen sind, doch die specifischen Volumina der beiden ersteren und der beiden letzteren unter einander gleich sind, da die Unterschiede zwischen Rechnung und Beobachtung im Allgemeinen in der Art hervortreten, dafs, um sie aufzuheben, die Gleichheit der specifischen Volumina un-geändert bleiben kann.

Die vorstehenden Untersuchungen können nur als eine Annäherung zur Lösung des Problems betrachtet werden; allein sie scheinen mir doch einigermaßen Aufschluß über diesen noch so wenig bearbeiteten Gegenstand zu geben. Nur genaue Dichtigkeitsbestimmungen *vieler Körper in Krystallform und bei verschiedenen Temperaturen* können in den Stand setzen, die Frage

in ihrer ganzen Schärfe, namentlich mit Rücksicht auf die Dichtigkeitsänderung durch die Wärme, aufzufassen und zu beantworten.

Ich habe mich hier auf die Dichtigkeitsänderung chemischer Verbindungen, also Mischungen in *bestimmten* Verhältnissen, beschränkt. Auf die Regelmäßigkeit der Dichtigkeitsänderungen, welche Mischungen in *willkürlichen* Verhältnissen, namentlich bei Verdünnungen, erleiden, werde ich nächstens zurückkommen.

IX. *Ueber Sulfäthylschwefelsäure;*
von C. Löwig.

Sulfäthyl- oder Sulfoäthylschwefelsäure nenne ich eine neue Säure, welche ich und Weidmann durch Behandlung des Mercaptans mit Salpetersäure erhalten haben. Mercaptan wird in kleinen Quantitäten in ziemlich starke Salpetersäure gebracht. Im Anfange wird keine Einwirkung beobachtet; nach einiger Zeit verwandelt sich das auf der Säure schwimmende Mercaptan in eine röthliche Flüssigkeit, und gleich darauf beginnt die Oxydation unter starker Wärme-Entwicklung und heftiger Bildung von salpetriger Säure. Ist die Einwirkung beendigt, so wird von Neuem Mercaptan zugefügt, und die Operation so oft wiederholt, als noch Oxydations-Erscheinungen beobachtet werden. Wird rauchende Säure angewandt, so ist die Einwirkung so heftig, daß sich das Mercaptan entzündet. Verdünnte Säure wirkt in der Kälte gar nicht ein; in der Wärme bildet sich ebenfalls die röthliche Flüssigkeit, und gleich darauf tritt die Oxydation ein. Die nach beendigter Reaction zurückbleibende Flüssigkeit ist ein Gemenge von Schwefelsäure und Sulfäthylschwefelsäure; von letzterer scheint um so

mehr gebildet zu werden, je verdünnter die Salpetersäure angewandt wird. Zur Entfernung der noch vorhandenen Salpetersäure wird das Ganze auf dem Wasserbade abgedampft. Der syrupähnliche Rückstand wird in Wasser gelöst und mit kohlensaurem Baryt gesättigt. Die vom schwefelsauren Baryt abfiltrirte Flüssigkeit liefert nach dem Abdampfen bis auf den Krystallisationspunkt sehr schöne Krystalle von sulfäthylschwefelsauren Baryt. Die Krystalle werden in Wasser gelöst, die Lösung mit überschüssiger Schwefelsäure versetzt, und vom schwefelsauren Baryt abfiltrirt. Das Filtrat wird mit kohlensaurem Bleioxyd so lange digerirt, bis sich Bleioxyd in der Lösung befindet. Es wird abermals filtrirt, und das aufgelöste Blei durch Schwefelwasserstoff gefällt. Die vom Schwefelblei und überschüssigen Schwefelwasserstoff befreite Flüssigkeit hinterläßt beim Abdampfen auf dem Wasserbade die Sulfäthylschwefelsäure, in welcher keine Spur Schwefelsäure erkannt werden kann.

Die Säure besitzt einen stark sauren Geschmack, welcher hintennach höchst unangenehm ist, und die größte Aehnlichkeit mit dem Geruch des Phosphorwasserstoffs besitzt; sie ist geruchlos, und liefert blofs lösliche Salze.

Sulfäthylschwefelsauren Baryt.

Das Barytsalz dieser Säure krystallisirt sehr leicht in farblosen, durchsichtigen, schiefen, rhombischen Tafeln mit Abstumpfungen. In Wasser ist es leicht löslich, aber unlöslich in absolutem Weingeist. Von wässrigem Weingeist wird es gelöst, aus der Lösung aber durch Zusatz von starkem Weingeist nach einiger Zeit in weissen, flockigen Krystallen wieder gefällt. Das Barytsalz besitzt den gleichen unangenehmen Geschmack wie die Säure. Die Krystalle enthalten Wasser; sie verlieren dasselbe aber schon unter 100° , werden weifs und undurchsichtig.

- 1) 1,155 Grm. verloren bei 120° in einem trocknen Luftstrom 0,060 Grm. oder 5,19 Proc. Wasser.

Die folgenden Analysen wurden sämmtlich mit dem ausgetrockneten Salze vorgenommen.

- 2) 0,537 Grm. Barytsalz mit Kupferoxyd verbrannt, gaben:

Kohlensäure	0,280	= Kohlenstoff	0,0774
Wasser	0,151	= Wasserstoff	0,0168.

100 Theile enthalten demnach:

Kohlenstoff	14,41
Wasserstoff	3,13.

- 3) 0,464 Grm. mit kohlensaurem Kali und Salpeter geschmolzen, gaben:

- a) 0,317 schwefelsauren Baryt = 0,208 oder 44,83 Procent Baryt, welche beim Auflösen der geschmolzenen Masse ungelöst zurückblieben.

- b) 0,354 schwefelsauren Baryt, erhalten durch Fällung der aufgelösten Schwefelsäure.

$0,354 + 0,317 = 0,67$ schwefelsaurer Baryt = 0,0925 oder 19,94 Proc. Schwefel.

100 Th. bei 120° ausgetrockneten Barytsalzes enthalten daher:

Kohlenstoff	14,41
Wasserstoff	3,13
Sauerstoff	17,69
Schwefel	19,94
Baryt	44,83
	<hr/>
	100,00.

- 4) 0,525 Barytsalz gaben:

Kohlensäure	0,273	= Kohlenstoff	0,0755
Wasser	0,144	= Wasserstoff	0,0160

100 Theile enthalten daher:

Kohlenstoff	14,38
Wasserstoff	3,05.

- 5) 0,779 Salz gaben:

- a) 0,530 schwefelsauren Baryts = 0,3478 oder 44,65 Proc. Baryt.
 b) 0,548 schwefelsauren Baryts.
 $0,530 + 0,548 = 1,078$ schwefelsaurer Baryt = 0,1487 oder 19,09 Proc. Schwefel.
 6) 0,539 Grm. Salz gaben 0,367 schwefelsauren Baryts = 0,2409 oder 44,69 Proc. Baryt.
 100 Th. bei 120° getrockneten Barytsalzes enthalten demnach:

	4. und 5.	6.
Kohlenstoff	14,38	
Wasserstoff	3,05	
Sauerstoff	18,83	
Schwefel	19,09	
Baryt	44,65	44,69
	<u>100,00.</u>	

Auf Atome berechnet, wurde erhalten:

		Berechnet.
4 At. Kohlenstoff	305,74	14,38
10 - Wasserstoff	62,39	2,93
4 - Sauerstoff	400,00	18,80
2 - Schwefel	402,33	18,91
1 - Baryt	956,88	44,98
	<u>2127,34</u>	<u>100,00.</u>

Das kristallisirte Barytsalz besteht aus:

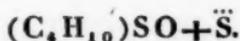
		Berechnet.	Gefunden.
1 At. sulfoäthylschwefelsauren Baryts	2127,34	94,98	94,81
1 At. Wasser	112,48	5,02	5,19
	<u>2239,82</u>	<u>100,00</u>	<u>100,00.</u>

Der sulfäthylschwefelsaure Baryt erträgt eine sehr hohe Temperatur, ohne eine Zersetzung zu erleiden. Im Anfang der Zersetzung wird er schwarz, und entwickelt

dann flüchtige Producte, welche einen höchst unangenehmen stechenden Geruch besitzen und mit einer violetten Flamme verbrennen; zugleich entweicht schweflige Säure. Bei der trocknen Destillation entwickeln sich schwefelhaltige Producte, und es bleibt ein kohliges Rückstand, welcher sehr pyrophorisch ist. Wird das Salz mit Kalihydrat geschmolzen und dann mit Salzsäure übersättigt, so entweicht schweflige Säure, während schwefelsaurer Baryt zurückbleibt.

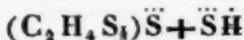
Ueber die Zusammensetzung der Sulfäthylschwefelsäure.

Nach den erhaltenen Resultaten kann für die Sulfäthylschwefelsäure folgende rationelle Formel aufgestellt werden:

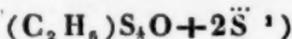


Sie bestände demnach aus Aethyl, verbunden mit Schwefel und Sauerstoff +1 At. Schwefelsäure. Die Formel $C_4H_{10} + 2\ddot{S}$ möchte, wenn auf die Bildung dieser Säure Rücksicht genommen wird, kaum der Erwähnung verdienen.

Im Bande XXXXVI S. 87 habe ich und Weidmann eine Säure beschrieben, welche durch Oxydation des Schwefelätherins mittelst Salpetersäure erhalten wird. Wir haben für diese Säure die Formel:



festgestellt, und angenommen, daß in dem bei 140° getrockneten Barytsalz dieser Säure 1 At. Wasser enthalten sey. Wird jedoch angenommen, das Barytsalz sey ein wasserfreies, so würde die Formel:

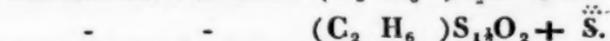


das wasserfreie Salz bezeichnen. Diese Säure, welche Sulfätherinschwefelsäure genannt werden kann, sättigt, ähnlich der Aetherschwefelsäure, halb so viel Basis, als der angenommenen Schwefelsäure entspricht; die Sulf-

1) C_2H_6 ist das Radical des Holzäthers.

äthylschwefelsäure sättigt genau so viel Basis als der vorhandenen Schwefelsäure zukommt. Jedoch könnte auch die Sulfätherinschwefelsäure mit $(C_2H_6)S_2O_2 + \ddot{S}$ oder mit $(C_2H_4)S_2O + \ddot{S} + \dot{H}$ bezeichnet werden.

Wird die Zusammensetzung dieser Säure mit der Benzin- und Naphthalinschwefelsäure verglichen, so ist eine Uebereinstimmung in der Zusammensetzung nicht zu verkennen. Sowohl Benzin- als Naphtalinschwefelsäure können als Verbindungen von Sulfobenzid und Sulfonaphtalin mit Schwefelsäure betrachtet werden ¹). Eben so kann die Sulfäthylschwefelsäure als eine Verbindung von Sulfoäthyl mit Schwefelsäure, und die Säure, welche durch Oxydation des Schwefelätherins mit Salpetersäure erhalten wird, als eine Verbindung von Sulfoätherin mit Schwefelsäure oder Unterschwefelsäure angesehen werden.

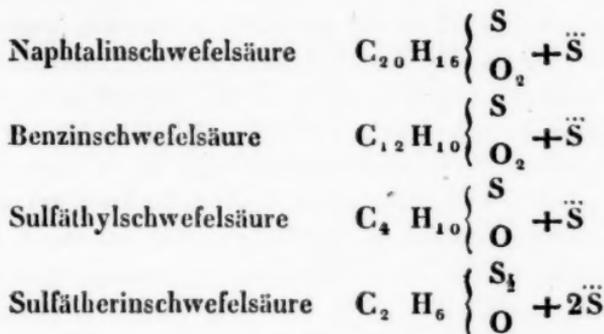


Der Unterschied besteht hauptsächlich darin, daß im Sulfonaphtalin $(C_{20}H_{16}SO_2)$ und im Sulfobenzid 2 At. Sauerstoff auf 1 At. Schwefel vorkommen, während im Sulfoäthyl $(C_4H_{10}SO)$ nur 1 At. Sauerstoff enthalten ist. Nun aber fragt es sich, in welcher Verbindung befinden sich Schwefel und Sauerstoff in Sulfonaphtalin —? Ist z. B. das Sulfonaphtalin eine Verbindung $=C_{20}H_{16} + \ddot{S}$, oder besteht es aus $(C_{20}H_{16})S + \dot{S}$ oder aus $(C_{20}H_{16})S + O_2$? — Berzelius bemerkt, daß im Sulfonaphtalin nicht wohl schwellige Säure angenommen werden könne. Da bei der Einwirkung der Salpetersäure auf Mercaptan und Schwefelätherin nicht

1) Diese Annalen, Bd. XXXIV S. 376 und 411

aller Schwefel in Schwefelsäure umgewandelt wird, so kann dieß als ein directer Beweis dienen, daß in der Sulfäthyl- und Sulfätherinschwefelsäure weder unterschwellige Säure noch schwellige Säure enthalten seyn kann, denn beide wären sicherlich durch Salpetersäure zu Schwefelsäure oxydirt worden; deshalb ist auch die Annahme von schwelliger Säure und Unterschweifelsäure in beiden Säuren nicht statthaft.

Am einfachsten, glaube ich, erklärt sich die Zusammensetzung des Sulfonaphtalins etc., wenn angenommen wird, daß sich Schwefel und Sauerstoff einander in Verbindungen vertreten, ohne daß dadurch der Charakter derselben eine wesentliche Veränderung erleidet. Das Sulfonaphtalin kann als eine Verbindung von 2 At. Naphthalin mit 2 At. Sauerstoff angesehen werden, in welcher 1 At. Sauerstoff durch 1 At. Schwefel vertreten ist. Das Sulfoäthyl wäre Aethylsuperoxyd, in welchem 1 At. Sauerstoff gleichfalls durch 1 At. Schwefel vertreten wird. Um dieses Vertreten auszudrücken, können die Zeichen für Schwefel und Sauerstoff übereinandergesetzt werden, wie dieß in der Mineralchemie im Gebrauch ist. Demnach wäre:



Ich habe in meiner Chemie der organischen Verbindungen dieses Vertreten der elektro-negativen Elemente allgemein geltend zu machen gesucht. So betrachte ich das Chlorbenzoyl als eine Benzoësäure, in

welcher 1 At. Sauerstoff durch Chl_2 vertreten wird, also

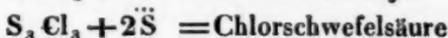
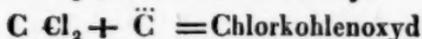
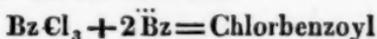
$\text{C}_{14}\text{H}_{10} = \text{Bz}$ gesetzt, $\text{Bz} \left\{ \begin{array}{l} \text{Chl}_2 \\ \text{O}_2 \end{array} \right.$. Der Oxychlorcarbonäther

ist doppelt kohlenaurer Aether, in welchem 1 At. Sauerstoff gleichfalls durch Chl_2 versetzt ist. Die von Reg-

nault entdeckte Chlorschwefelsäure ist $\text{S} + \left\{ \begin{array}{l} \text{Chl}_2 \\ \text{O}_2 \end{array} \right.$.

Wird dieselbe mit Ammoniakgas behandelt, so entsteht Salmiak und Sulfamid, was sich aus der angenommenen Zusammensetzung sehr leicht erklärt. Nach dieser Ansicht ist man nicht genöthigt organische ternäre Radicale anzunehmen, in welchen Sauerstoff enthalten ist.

Berzelius betrachtet die genannten Verbindungen als Doppelverbindungen von Chlor und Sauerstoffverbindungen. So ist nach ihm



u. s. w.; analog der von Rose entdeckten Verbindung der Chromsäure mit 3fach Chlorchrom. Da bei der Bildung der Amide aus den genannten Chlorverbindungen das Chlor austritt und eine aequivalente Anzahl Amid in die zersetzte Verbindung eingeht, so könnten nach dieser Ansicht das Benzamid, Kohlenamid und Sulfamid, als Verbindungen von Benzoylamid mit Benzoësäure, Kohlenstoffamid mit Kohlensäure, und Schwefelamid mit Schwefelsäure betrachtet werden. Da das Chlorspiroyl und Bromspiroyl sich, ohne eine Zersetzung zu erleiden, mit den Salzbasen verbinden, und aus ihren Verbindungen wieder unverändert abgeschieden, und auch durch Behandlung mit Wasser nicht zerlegt werden, so möchte es schwierig seyn, die von Berzelius aufgestellte Theorie auf diese Verbindung zu übertragen. Genügend jedoch wird dieß Verhalten des Chlor- und Bromspiroyls durch die Formel $\text{C}_{13}\text{H}_{10} \left\{ \begin{array}{l} \text{Chl}_2 \\ \text{O}_4 \end{array} \right.$ erklärt.

Weid-

Weidmann und ich beschäftigen uns gegenwärtig mit den Salzen dieser Säure, und werden nach beendigter Arbeit über dieselben, so wie über deren Destillationsproducte berichten.

X. *Ueber Schwefelsäure-Bildung;*
von *Heinr. Rose.*

Es ist bekannt, daß Schwefelwasserstoffgas die höheren Oxyde einiger Metalle in ihren Auflösungen zu niedrigeren Oxydationsstufen reducirt. Man nimmt gewöhnlich an, daß diese Reduction durch Bildung von Wasser veranlaßt wird, und die gleichzeitige Abscheidung von Schwefel berechtigt zu dieser Annahme. Ich hatte indessen schon seit längerer Zeit hierbei bisweilen die Bildung von Schwefelsäure bemerkt, die ich in anderen Fällen nicht wahrnehmen konnte. Diese Thatsache veranlaßte die folgenden Versuche.

In einer *Eisenoxydauflösung* erzeugt sich durch Schwefelwasserstoffgas in der Kälte keine Schwefelsäure. Löst man frisch gefälltes Eisenoxyd in Essigsäure auf, und versetzt die Auflösung mit vieler freier Essigsäure, um so viel wie möglich beim Durchleiten des Schwefelwasserstoffgases die Bildung von Schwefeleisen zu vermeiden, so findet man in der Auflösung keine Schwefelsäure. Auch wenn man die Auflösung während des Durchleitens des Gases erhitzt, erzeugt sich diese Säure nicht.

Wird eine *Eisenchloridauflösung*, sie mag neutral oder mit freier Chlorwasserstoffsäure versetzt worden seyn, mit Schwefelwasserstoffgas in der Kälte behandelt, so scheidet sich nur Schwefel ab, ohne daß sich Schwefelsäure erzeugt. Erhitzt man indessen die Auflösung während des Durchleitens des Gases, so findet man in

der Auflösung Schwefelsäure, eine Bildung dieser Säure, die mir unter diesen Umständen bemerkenswerth zu seyn scheint. Sie findet sowohl statt, wenn man sich einer Auflösung bedient, die durch Behandlung von Eisen mit Chlorwasserstoffsäure und einem Zusatz von Salpetersäure bereitet worden ist, als auch bei einer Auflösung von reinem Eisenchlorid, das durch Erhitzen von Eisen in Chlorgas erzeugt wurde, und das keine Spur von etwa anhängendem freien Chlor enthielt. Diese Auflösungen wurden mit freier Chlorwasserstoffsäure versetzt, um die Abscheidung von Eisenoxyd durch's Kochen zu vermeiden. — Man kann daher die Bildung der Schwefelsäure unter den erwähnten Umständen nicht einer Einmischung einer kleiner Menge von Salpetersäure zuschreiben.

Man muß diese Thatsache beachten, wenn man die Menge des Eisenoxyds in einer Auflösung, die zugleich noch Eisenoxydul enthält, durch die Menge des Schwefels bestimmen will, der bei Behandlung derselben durch Schwefelwasserstoff gefällt wird. Es ist nöthig die Auflösung nur in der Kälte mit Schwefelwasserstoff zu behandeln.

Wird eine verdünnte Auflösung von neutralem *chromsauren Kali* mit Essigsäure versetzt und mit Schwefelwasserstoff in der Kälte behandelt, so bildet sich keine Schwefelsäure. Dasselbe ist auch der Fall, wenn zu der Auflösung Chlorwasserstoffsäure gesetzt wird, und dieselbe so verdünnt ist, daß diese Säure nicht reducierend auf die Chromsäure wirken kann. Es scheidet sich nur Schwefel ab, der aber, besonders im ersteren Falle, sich erst nach einigen Tagen vollständig absondert. Bisweilen, aber nur selten, habe ich hierbei sehr geringe Spuren von Schwefelsäure bemerkt, doch dieselben waren außerordentlich unbedeutlich.

Leitet man indessen Schwefelwasserstoffgas durch eine erhitzte verdünnte Auflösung von neutralem chrom-

sauren Kali, die mit Chlorwasserstoffsäure oder mit Essigsäure versetzt worden ist, so bildet sich eine bedeutende Menge von Schwefelsäure, und zwar ist dieselbe beträchtlicher, als die, die durch Behandlung einer Eisenchloridauflösung in der Wärme mit Schwefelwasserstoff entsteht. Zugleich indessen scheidet sich Schwefel, doch in geringer Menge, ab. Man könnte zwar, bei Gegenwart von Chlorwasserstoffsäure, diese Bildung der Schwefelsäure dem Chlor zuschreiben, das bei Einwirkung jener Säure auf Chromsäure frei wird, obgleich die Bildung der Schwefelsäure auch bei so verdünnten Auflösungen unter den erwähnten Umständen stattfindet, daß die Chlorwasserstoffsäure keine Einwirkung auf die Chromsäure mehr ausüben kann. Da indessen auch bei Gegenwart von Essigsäure, welche zu den wenigen organischen Substanzen gehört, die auf Chromsäure nicht reducirend einwirken, die Bildung von Schwefelsäure eben so gut stattfindet, so wird diese nicht durch Einwirkung des Chlors auf den sich ausscheidenden Schwefel des Schwefelwasserstoffs gebildet, sondern durch die der Chromsäure auf dasselbe.

Eine Auflösung von *jodsaurem Kali* oder *Natron* wird schon in der Kälte durch Schwefelwasserstoffgas zersetzt und in derselben sehr viel Schwefelsäure erzeugt. Sie wird hierbei durch freies Jod braunroth, aber durch fernere Einwirkung des Schwefelwasserstoffs farblos. Der Absatz von Schwefel, der hierbei erfolgt, rührt daher wohl von der Verwandlung des frei gewordenen Jods in Jodwasserstoffsäure her. Die Auflösung röthet nach der Zersetzung das Lackmuspapier bedeutend, und enthält neben Schwefelsäure Jodwasserstoffsäure, und keine Jodsäure. Nach Zerstörung des Schwefelwasserstoffs durch Kupferoxydauflösung bringt in der vom Schwefelkupfer getrennten Auflösung salpetersaure Silberoxydauflösung einen in Ammoniak nicht löslichen Niederschlag hervor. — Eine Mischung von freiem Jod mit Wasser

wird bekanntlich durch Schwefelwasserstoffgas in Jodwasserstoffsäure unter Schwefelabsatz verwandelt, ohne dafs sich dabei Schwefelsäure erzeugt. Wird indessen jene Mischung erhitzt, während Schwefelwasserstoffgas durch sie geleitet wird, so bildet sich eine geringe Menge von Schwefelsäure.

Eine Auflösung von *bromsaurem Kali* verhält sich gegen Schwefelwasserstoffgas der des jodsauren Kalis ähnlich. Schon in der Kälte wird in ihr Schwefelsäure und Bromwasserstoffsäure unter Absatz von Schwefel erzeugt.

Dahingegen wird eine Auflösung von *chlorsaurem Kali* durch Schwefelwasserstoffgas weder in der Kälte noch bei der Kochhitze zersetzt. Es erzeugt sich keine Schwefelsäure und Chlorwasserstoffsäure, und die Auflösung verliert ihre Neutralität nicht. Wird sie opalisirend von einer Spur sich ausscheidenden Schwefels, so geschieht diefs nur durch Zersetzung des Schwefelwasserstoffs vermittelt der atmosphärischen Luft. Zerstört man in der Auflösung den Schwefelwasserstoff durch eine Kupferoxydauflösung, so giebt in der vom Schwefelkupfer getrennten Flüssigkeit eine Silberoxydauflösung keinen Niederschlag von Chlorsilber.

Vollkommen eben so, wie eine Auflösung von *chlorsaurem Kali*, verhält sich eine Auflösung von *überchlorsaurem Kali* gegen Schwefelwasserstoff.

Es ist bekannt, dafs gewöhnlich der aus Flüssigkeiten sich abscheidende fein zertheilte Schwefel nicht die dem Schwefel eigenthümliche gelbe, sondern eine weifse oder graue Farbe besitzt. Schon seit längerer Zeit hat man über die Ursache dieser Farbenverschiedenheit gestritten, und ist fast immer zu der Meinung zurückgekehrt, dafs dieselbe von einem verschiedenen Grade der Vertheilung herrühre. Betrachtet man die sogenannte

Schwefelmilch und die Schwefelblumen unter dem Mikroskop, so sieht man zwar, daß die Schwefelmilch aus kleineren, die Schwefelblumen aus größeren Körnern bestehen; aber dieß ist gewiß nicht die einzige Ursache der Verschiedenheit zwischen beiden.

Man hat, wie ich glaube, den Umstand übersehen, daß der sich aus Flüssigkeiten abscheidende Schwefel nur in den Fällen nicht die ihm eigenthümliche gelbe Farbe besitzt, wenn er aus Auflösungen sich ausscheidet, die freien Schwefelwasserstoff enthalten. Je mehr dieselben davon enthalten, desto weißer scheint die Farbe des sich absondernden Schwefels zu seyn. Am weißesten ist daher derselbe, wenn er sich in mit Schwefelwasserstoff gesättigtem Wasser bildet, in welchem durch den Zutritt der Luft der Wasserstoff des Schwefelwasserstoffs nach und nach oxydirt worden ist.

Fällt man hingegen fein zertheilten Schwefel aus Auflösungen, die keinen freien Schwefelwasserstoff enthalten, so ist er auch in kleinen Mengen von gelber Farbe. Man braucht nur eine geringe Menge der Auflösung eines unterschweflichtsauren Alkalis durch eine Säure zu zersetzen, um sich von der Wahrheit dieser Behauptung zu überzeugen.

Der weiße oder graue Schwefel (Schwefelmilch) enthält eine sehr geringe Menge von Schwefelwasserstoff — wohl als Wasserstoffsübersulfür. Schmilzt man ihn, und leitet die geringe Menge des sich entwickelnden Gases mittelst eines Stromes von atmosphärischer Luft von der Oberfläche des geschmolzenen Schwefels in eine Bleioxydauflösung, so erhält man eine nicht unbeträchtliche Menge von Schwefelmetall. Ich habe eine große Menge von Modificationen dieses weißen Schwefels, auf verschiedene Weise bereitet, auf diese Art behandelt, und immer dasselbe Resultat erhalten.

Beim Schmelzen von Schwefelblumen oder Stängenschwefel erhält man zwar bisweilen ebenfalls etwas Schwe-

felwasserstoffgas, doch ist die Menge desselben so außerordentlich unbedeutend, daß sie nicht mit der verglichen werden kann, die beim Schmelzen von Schwefelmilch entwickelt wird.

Die geringe Menge des Schwefelwasserstoffs in der Schwefelmilch kann durch Wasser nicht aus derselben fortgenommen werden, denn alle untersuchten Modificationen derselben waren mit Wasser so lange ausgewaschen worden, bis dasselbe die Bleioxydauflösung vollkommen unverändert liefs.

XI. *Ueber Farbenscheinungen an einem gelben Glase; von A. Splittgerber.*

Eine gewisse Nüance gelben Glases wird dadurch erhalten, daß man eine verkohlbare Substanz zum gewöhnlichen weissen Glassatz mischt, z. B. Borke, Weinstein, dabei aber jeden Sauerstoff abgebenden Zusatz wegläßt; man hält daher im Allgemeinen dafür, daß die Färbung von Kohle herrührt. Bei näherer Untersuchung bin ich aber der Meinung geworden, daß die gelbe Farbe von Schwefel oder vielmehr von Schwefelalkalien veranlaßt wird, welche aus den, die angewandte Pottasche oder Soda verunreinigenden schwefelsauren Salzen durch den Kohlenzusatz reducirt worden sind.

Dieses Glas besitzt, sobald es hinreichend intensiv gefärbt ist, mehrere merkwürdige Eigenschaften, auf welche aufmerksam zu machen ich mir hier erlaube, da dieselben zu verschiedenen physikalischen Zwecken benutzt werden können.

Das braungelbe Glas läuft nämlich, bis zu einem gewissen, nicht zu hohen Hitzgrad erwärmt, dunkel an,

so dafs es zuletzt ganz schwarz und undurchsichtig wird, und das schwarze Glas giebt, welches man zu den Polarisations-Apparaten verwendet, dem Obsidian sehr ähnlich, und, wie dieser, an den Kanten schwarzgelblich durchscheinend ist. Einer höheren Temperatur aber beim Zutritt der Luft ausgesetzt oder vor dem Löthrohr behandelt, wird das schwarze Glas wieder durchsichtig und hellgelber. Dieser Farbenwechsel hängt wohl von den bekannten Erscheinungen beim Erhitzen des Schwefels und der Schwefelalkalien ab, welche hier, von der Glasmasse umhüllt, gleichsam gefesselt werden.

Bis zu einem gewissen Grade schwarz angelaufen und von der erforderlichen Dicke eignet sich dieses Glas sehr gut zur Beobachtung der Sonne, die dadurch ihrer Strahlen beraubt wird und dabei orangeroth erscheint, während das Glas selbst roth gefärbt aussieht.

Das Farbenspectrum damit beobachtet, löscht dieses Glas bei zunehmender Dicke und Färbung alle stärker gebrochenen Strahlen aus, bis zuletzt das äufserste Roth allein noch sichtbar bleibt, in der Art nämlich, dafs dünnes, schwarz angelaufenes Glas das Licht allein durchläfst, dagegen das braungelbe Glas noch roth, orangegelb und etwas grün zu sehen gestattet, welches letztere immer mehr verschwindet, je dicker die Glasschicht ist, und es hat hierin die grösste Analogie mit erhitztem Schwefel, durch welches ich auch das Spectrum betrachtet habe. Ferner bemerkte ich noch eine auffallende, wie ich glaube, subjective Farbenercheinung, bei Versuchen mit diesem Glase. Wenn man nämlich eine braungelb gefärbte Glasscheibe vor einen Spiegel hält und durch dieselbe auf ihr Bild im Spiegel blickt, so erscheint letzteres beim ersten Eindruck deutlich violett, und es erfordert ein längeres Fixiren, um sich zu überzeugen, dafs das Bild doch nur dunkler braungelb ist; dasselbe findet statt, wenn man durch eine gröfsere gelbe Scheibe eine kleinere betrachtet. Die geforderte vio-

lette Färbung der doppelten, also dunkleren Glasschicht rührt wohl vom Gegensatz der helleren Umgebung zur dunkleren Mitte auf das Auge her, da sie verschwindet, wenn beide Platten einander decken.

Viel deutlicher und beständiger sieht man eine röthliche Färbung, wenn man beim Tageslicht durch zwei solche, in beliebiger Entfernung hinter einander gehaltenen, braungelben Glasscheiben Sonnenstrahlen fallen läßt, an dem auf weißs Papier aufgefangenen Schatten.

Endlich thue ich noch, da es mir zeitgemäfs erscheint, eines Curiosums Erwähnung, wo die Sonnenstrahlen, wenn ich mich so ausdrücken darf, auch in der Schreibekunst etwas geleistet haben, aber nicht auf der Oberfläche allein, sondern durch die Masse hindurch Schriftzüge eingeschrieben haben, und wenn die Sache auch auf einer sehr bekannten Erfahrung beruht, so ist doch vielleicht noch nicht ein so auffallendes Beispiel ihrer Wirksamkeit bekannt geworden. Ich besitze nämlich eine Spiegelglas, welches wohl über 20 Jahr in einem Fenster als Scheibe gesessen hat, auf welcher mit vergoldeten Buchstaben eine Inschrift sich befand. Diese Scheibe wurde von der Schrift befreit, und auf beiden Seiten abgeschliffen und dann wieder polirt, um eine neue Oberfläche zu erhalten. Als das Glas hierauf polirt worden war, zeigte sich die Schrift wieder ganz deutlich zu lesen, und zwar in der Art, dafs die Stelle, welche unter den Buchstaben sich befand, weißs geblieben ist, das übrige Glas aber einen violetten Stich, wegen seines Braunsteingehalts, angenommen hat, welche Färbung durch die ganze Masse geht, wie das Abschleifen der Oberfläche beweist. Auch unbelegte Theile der Scheibe, besonders wenn sie auf einen weißsen Grund gelegt werden, zeigen die deutlich lesbaren Schriftzüge.

Berlin, den 1. Mai 1839.

XII. *Ueber die chemische Zusammensetzung des Datoliths und des Botryoliths;*
von Carl Rammelsberg.

Datolith.

Zu den interessantesten Mineralgattungen gehören in Betreff ihrer Mischung der *Datolith* und der *Botryolith*, beide im Qualitativen derselben schon seit langer Zeit als identisch betrachtet, und aus Kieselsäure, Borsäure, Kalkerde und Wasser zusammengesetzt. Klaproth gebührt das Verdienst, die Anwesenheit der Borsäure im Datolith zuerst nachgewiesen zu haben, so wie er denn auch versuchte, die relativen Mengen sämtlicher Bestandtheile zu bestimmen ¹⁾. Nach seiner Untersuchung besteht der Datolith von *Arendal* aus:

Kieselsäure	36,5
Kalkerde	35,5
Borsäure	24,0
Wasser	4,0
	100.

Klaproth hat sämtliche Bestandtheile direct bestimmt; die Borsäure namentlich dadurch, dafs er die vom Kalk durch kohlenaures Natron befreite Flüssigkeit mit Schwefelsäure übersättigte, zur Trockne verdampfte, die Borsäure aus dem Rückstande mittelst Alkohol auszog und denselben dann abdestillirte; die zurückbleibende Säure wurde sodann geglüht. Dieses Verfahren kann bekanntlich kein genaues Resultat geben, weil sich ein Theil Borsäure mit den Dämpfen des Wassers, und noch mehr mit denen des Alkohols verflüchtigt, und es ist wohl nur dem Zufall zuzuschreiben, wenn

1) Beiträge, IV, S. 354.

die Analyse Klaproth's keinen Verlust zeigt, um so mehr, als die von ihm gefundene Menge der Borsäure, wie wir sogleich sehen werden, sogar zu groß ausgefallen ist, ein leicht erklärlicher Umstand, in sofern der Alkohol sicher auch eine kleine Quantität schwefelsaures Natron aufgenommen hatte.

Später haben wir eine Analyse des *Datoliths* von *Andreasberg* durch *Stromeyer* erhalten, welche sich, wie alle analytischen Arbeiten dieses Chemikers, durch ihre Genauigkeit und Schärfe auszeichnet ¹⁾. Zwei Versuche gaben:

	I.	II.
Kieselsäure	37,556	37,157
Kalkerde	35,445	35,887
Borsäure	18,847	19,690.

Stromeyer fand, daß das Wasser, welches der *Datolith* beim Glühen abgiebt, völlig rein ist. Drei Versuche ergaben dessen Menge zu 5,776—5,734—5,627 Proc.

Die Analyse geschah auf gewöhnliche Art, der Kalk wurde in der Siedhitze aus der mit Ammoniak neutralisirten Flüssigkeit mittelst kohlen-sauren Ammoniaks gefällt, und die Borsäure aus dem Verlust berechnet, da die directe Bestimmung durch Abdampfen, wegen theilweiser Verflüchtigung der Säure, kein zuverlässiges Resultat lieferte; indem er aus jenen Versuchen das Mittel nahm, erhielt er:

Kieselsäure	37,36
Kalkerde	35,67
Borsäure	21,26
Wasser	5,71

100.

Unter diesen Umständen könnte es scheinen, als ob eine erneuerte Untersuchung des *Datoliths* überflüssig

1) Diese Annalen, Bd. XII S. 155.

wäre. Allein wenn man mit Klaproth's und Stro-meyer's Resultaten die Formeln vergleicht, welche bisher für dieses Fossil aufgestellt worden sind, so findet man, dafs keine derselben mit jenen übereinstimmt, und dafs daher entweder die chemische Constitution des Datoliths bisher unrichtig genommen, oder bei den vorhandenen Analysen irgend ein nicht beachteter Umstand die Ursache solcher Differenzen seyn müsse.

Zum Beweise, dafs alle bisher versuchten Formeln für den Datolith jenen Zahlen, welche die Versuche geben, nicht entsprechen, werde ich hier unter andern nur die von Berzelius (dessen Anwendung des Löthrohrs, 3. Aufl. S. 258) und die von v. Kobell (dessen Grundzüge der Mineralogie, S. 232) gegebenen wählen.

Nach Berzelius ist der Datolith eine Verbindung von gleichen Atomen doppelt borsurem Kalk, doppelt kieselsurem Kalk und Wasser:



wonach der Sauerstoff der Kieselsäure, der Kalkerde, der Borsäure und des Wassers = 6 : 2 : 6 : 1, und die berechnete Mischung folgende wäre:

		Sauerstoff.
Kieselsäure	40,491	21,039
Kalkerde	24,970	7,014
Borsäure	30,594	21,042
Wasser	3,945	3,507

100.

Hier sind aber 10 Proc. Kalkerde zu wenig, und eben so viel Borsäure zu viel, so dafs die Aufstellung dieser Formel auf irgend einem zufälligen Irrthum beruhen möchte.

Viel näher kommt v. Kobells Formel, welche den Datolith als eine Verbindung von 2 At. neutraler borsaurer Kalkerde, 3 At. neutralem kieselsauren Kalk und 2 At. Wasser hinstellt:



wobei zu bemerken ist, dafs v. Kobell in seinem neuesten Werke die Borsäure $\overset{\cdot\cdot}{\text{B}}$ setzt, obwohl Berzelius schon vor längerer Zeit gezeigt hat, dafs sie als $\overset{\cdot\cdot}{\text{B}}$ betrachtet werden müsse, so dafs v. Kobell's Formel eigentlich



ist. Das Sauerstoffverhältnifs von $\overset{\cdot\cdot}{\text{Si}}$, $\overset{\cdot\cdot}{\text{Ca}}$, $\overset{\cdot\cdot}{\text{B}}$ und $\overset{\cdot\cdot}{\text{H}}$ ist hier $\overset{\cdot\cdot}{\text{O}} = 9 : 5 : 6 : 2$, und die berechnete Zusammensetzung:

		Sauerstoff.
Kieselsäure	37,574	19,523
Kalkerde	38,619	10,848
Borsäure	18,927	13,017
Wasser	4,880	4,338
	100.	

Aber auch diese Formel entfernt sich noch allzu sehr von dem Resultat der Versuche; sie erfordert 3 Procent mehr Kalkerde, und giebt den Wasser- und Borsäuregehalt unbedingt zu niedrig an.

Diese Gründe haben mich veranlaßt, die chemische Untersuchung des Datoliths wieder aufzunehmen, insbesondere zu sehen, ob die abgeschiedenen Stoffe rein seyen, oder vielleicht irgend ein Bestandtheil des Fossils der Aufmerksamkeit der früheren Untersucher entgangen seyn möchte. Diefs letztere muß bestimmt verneint werden, und auch in Betreff des ersteren liessen die gefundenen Resultate keinen Zweifel übrig. Ich habe sowohl den Datolith von Andreasberg als den von Arendal analysirt, und mit reinen, ausgesuchten Stücken gearbeitet, welche ich der zuvorkommenden Güte des Hrn. G. Rose verdanke.

Was zunächst den Wassergehalt anbetrifft, so wurde er durch Glühen des Fossils, theils im Platintiegel, theils

in einer kleinen Retorte, ermittelt; es ist indess eine ziemlich starke Glühhitze zur Entfernung des Wassers erforderlich, denn man kann den Tiegel zum schwachen Glühen erhitzen, ohne daß das Gewicht des Fossils sich im Geringsten vermindert hätte. Ich fand *Stromeyer's* Angabe, daß das Wasser ganz rein sey, vollkommen richtig. Ein Versuch gab: 5,666 Procent, ein anderer 5,744 Procent bei dem von *Arendal*. Bei der ferneren Analyse geschah die Zersetzung des fein gepulverten Minerals in einem verschlossenen Kolben vermittelt Chlorwasserstoffsäure, worauf das Ganze bis fast zum Kochen erhitzt wurde, und dann zu einer dicken Gallerte gerann. Die Kieselsäure wurde abfiltrirt, die Flüssigkeit mit Ammoniak übersättigt (wobei zuweilen eine kleine Menge Eisen- und Manganhaltiger Thonerde niederfiel) und mit Oxalsäure die Kalkerde gefällt. Das Filtrat wurde in einer Platinschale im Wasserbade abgedampft, und das sich verflüchtigende Ammoniak stets wieder ersetzt; der Rückstand ward gut ausgetrocknet, damit keine Wasserdämpfe beim stärkeren Erhitzen vorhanden seyn konnten, welches in einem bedeckten Platintiegel geschah. Die zurückbleibende Borsäure löste man nach dem Glühen und Wägen in Wasser auf, wobei noch etwas Kieselsäure zurückblieb, deren Gewicht bestimmt und von dem der Borsäure abgezogen wurde.

Die Kieselsäure und Kalkerde wurden stets auf einen Rückhalt von Borsäure geprüft, aber immer frei davon gefunden.

Es handelte sich nun noch um die genaue Bestimmung der Borsäure, welche allerdings schwierig ist, und auf directem Wege, ungeachtet mehrfacher Versuche, nicht gelingen wollte. Es bestätigte sich hier die Angabe von *H. Rose*, daß keine Base mit der Borsäure ein ganz unlösliches Salz bildet, und vergeblich habe ich salpetersaures Silberoxyd (bei einer vermittelt Salpetersäure

aufgeschlossenen Probe), so wie Blei- und Zinksalze versucht. Zwar will Du Menil durch salpetersaures Silberoxyd die Borsäure gut bestimmt und 21,34 Proc. derselben erhalten haben ¹⁾, wobei er den Niederschlag als Ag^3B^4 ansieht, obwohl H. Rose gezeigt hat, daß derselbe AgB ist, und von Wasser merklich aufgelöst wird.

Da also eine directe Bestimmung der Borsäure nicht möglich ist, so suchte ich mich von ihrer vollkommenen Reinheit zu überzeugen. Zu dem Ende wurde sie, nach Entfernung der kleinen Menge Kieselsäure zur Trocknifs abgedampft, in einer Platinschale mit reiner rauchender Fluorwasserstoffsäure übergossen, und nach Zusatz von etwas Schwefelsäure erhitzt. Es blieb dann jedesmal nur ein höchst geringer Rückstand, im wesentlichen Kali und Natron enthaltend, welche beiden Stoffe wohl nicht im Datolith enthalten sind, sondern aus den Glasgefäßen herrühren dürften. Ihre Menge war zu gering, als daß sie mit Sicherheit hätten bestimmt werden können. Man darf also wohl das Fehlende in der Analyse stets als Borsäure betrachten, um so mehr, als die Bestandtheile des Datoliths, wie man sogleich sehen wird, keine besonderen Schwankungen zeigen, wiewohl die untersuchten Stücke von zweierlei Fundorten herrührten ²⁾.

Folgendes sind die Resultate einiger Analysen, wobei der Wassergehalt das Mittel des gefundenen ist, und auch die erhaltene Menge der Borsäure besonders hinzugefügt ist:

1) Schweigger's Jahrbuch, 1828, Bd. I S. 364.

2) Auch nach dem Glühen werden Datolith und Botryolith von Säuren vollkommen zersetzt, und bilden eine Gallerte.

Datolith von Arendal.

	I.	II.	III.
Kieselsäure	37,648	37,223	37,520
Kalkerde	35,407	—	35,398
Borsäure	21,240 (19,873)	—	21,377 (20,695)
Wasser	5,705	—	5,705
	<u>100.</u>		<u>100.</u>

Bei einem vierten Versuch gab die directe Bestimmung 19,754 Proc. Borsäure.

Datolith von Andreasberg.

Von diesem wurde nur eine Analyse gemacht, welche hier mit der von Stromeyer zusammengestellt werden mag:

		Stromeyer.
Kieselsäure	38,477	37,36
Kalkerde	35,640	35,67
Borsäure	20,315 (19,992)	21,26
Wasser	5,568	5,71
	<u>100.</u>	<u>100.</u>

Es ergibt sich aus diesen Analysen eine große Uebereinstimmung in den Mischungsverhältnissen, so wie ferner, daß der Kalkgehalt nicht mehr als 35 bis 36 Procent beträgt.

Wenn man nun die Sauerstoffmengen der verschiedenen Bestandtheile vergleicht, so findet man, daß z. B. in Stromeyer's Analyse

der Sauerstoff der Kieselsäure	= 19,412	4
der Kalkerde	= 10,019	2
der Borsäure	= 14,622	3
des Wassers	= 5,076	1

woraus sich das beigesetzte, höchst einfache Verhältniß ergibt, und zugleich, daß 4 At. Kieselsäure, 6 At. Kalk-

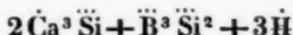
erde, 3 At. Borsäure und 3 At. Wasser mit einander verbunden sind.

Man könnte in Folge dessen die Formel



in Vorschlag bringen, welche nur dadurch etwas ungewöhnlich erscheint, dafs sie ein Kalksilicat enthält, welches das abnorme Sauerstoffverhältnifs von 1 : 4 darbietet.

Allein abgesehen hiervon scheint es mir viel angemessener, den Datolith nicht, wie man bisher gethan hat, als ein Salz mit zwei Säuren zu betrachten, sondern vielmehr als ein Silicat, in welchem Kalkerde und Borsäure Basen sind. Dafs diese letztere wirklich als Basis auftritt, wissen wir aus anderen Beispielen, z. B. bei dem sogenannten Tartarus boraxatus, worin sie mit Weinstensäure in Verbindung getreten ist. Ich habe deshalb keinen Anstand genommen, die Formel des Datoliths demgemäfs abzuändern, so dafs sie entweder



oder



ist. Indessen möchte die erste den Vorzug verdienen, da in der letzten die stärkere Base auf einer niedrigeren Sättigungsstufe stehen würde, als die schwächere, was man nicht wohl annehmen darf.

Die berechnete Zusammensetzung für den Datolith wird nun jedenfalls:

		Sauerstoff.	
Kieselsäure	37,910	19,698	4
Kalkerde	35,068	9,850	2
Borsäure	21,482	14,775	3
Wasser	5,540	4,925	1

100.

Wie man sieht, stimmt sie mit sämtlichen Analysen des Minerals sehr gut überein.

Botryolith

Sehr mangelhaft ist unsere Kenntnifs von der Zusammensetzung dieses Fossils, welches gewöhnlich als eine Varietät des Datoliths betrachtet wird. Nur Klaproth hat eine Analyse gegeben ¹⁾, welche indessen wegen ihrer Unvollständigkeit noch viele Zweifel übrig liefs.

Er fand in dem Botryolith von der Kjenlie-Grube zu Arendal nach einem ähnlichen Verfahren wie beim Datolith:

Kieselsäure	36,0
Kalkerde	39,5
Borsäure	13,5
Wasser	6,5
Eisenoxyd	1,0
	<hr/>
	96,5.

Hiernach findet sich bei Berzelius (dessen Anwendung des Löthrohrs, 3. Aufl. S. 258) die Formel:



d. h. neutrale borsäure und zweifach kieselsäure Kalkerde. Berechnet man diese Formel, so giebt sie:

Kieselsäure	47,804
Kalkerde	29,480
Borsäure	18,059
Wasser	4,657
	<hr/>
	100.

Diefs sind aber Verhältnisse, welche den von Klaproth angegebenen keinesweges entsprechen.

Ich habe das Fossil von Arendal auf die beim Datolith beschriebene Art untersucht. Die Analyse wird hier aber durch die Art seines Vorkommens sehr erschwert, da es nicht möglich ist, die dünnen traubigen Ueberzüge, in welchen der Botryolith erscheint, ganz

1) Beiträge, V, S. 122.

von Kalkspath zu befreien, von dem in der Mitte eines jeden Kornes etwas enthalten ist, und fast stets noch ein kleiner Turmalinkrystall mit sonderbarer Regelmäßigkeit darin steckt. Eine Parthie möglichst ausgesuchter Stückchen, welche indessen beim Auflösen brauste, gab nachstehendes Resultat:

Kieselsäure	36,085
Kalkerde	35,215
Borsäure	19,340 (directe Bestimmung)
	<hr/>
	90,640.

Um die Quantität des beigemenkten Kalkspaths bestimmen und in Abzug bringen zu können, wurde eine neue Parthie des fein gepulverten Minerals in einem dazu construirten Apparate, der sich an die Wage hängen läßt, mit Chlorwasserstoffsäure zersetzt, und der Gewichtsverlust als Kohlensäure betrachtet. Durch ein Chlorcalciumrohr wurde ein Verlust durch Verdampfen der Flüssigkeit verhindert. Von der sodann im Verlauf der Analyse gefundenen Kalkmenge wurde nun die für die Kohlensäure erforderliche abgezogen. Auf solche Art erhielt ich jetzt:

Kieselsäure	36,390
Kalkerde	34,270
Borsäure	18,342
Thonerde und Eisenoxyd	0,774
	<hr/>
	89,776
bleibt für Wasser	10,224.

Es blieb nun noch übrig, den Wassergehalt des Botryoliths direct zu bestimmen. Da aber das Wasser erst dann entweicht, wenn von dem beigemenkten Kalkspath Kohlensäure abgegeben wird, so suchte ich auf folgende Art diese Bestimmung auszuführen: Das mit Kalkspath gemengte Fossil wurde gepulvert und eine bestimmte Menge im Platintiegel scharf φ glüht; der Ge-

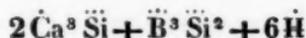
wichtsverlust bestand in Wasser und etwas Kohlensäure. Es wurde nun von Neuem, aber in einer Atmosphäre von kohlenurem Ammoniak und nicht stark geglüht, so wie man bei Bestimmung der schwefelsauren Alkalien zu verfahren pflegt. Die Gewichtszunahme des Tiegels ergab die vorher ausgetriebene Kohlensäure, so daß nun die Menge des Wassers dadurch bekannt war. Jetzt wurde das Pulver in den zuvor erwähnten Apparat gebracht, und durch Bestimmung der ganzen Kohlensäuremenge der Gehalt an Kalkspath ermittelt, nach dessen Abzug für das reine Fossil 8,635 Proc. Wasser in Rechnung kommen.

Es ist klar, daß diese Art der Wasserbestimmung kein ganz genaues Resultat liefern kann, sie beweist aber wenigstens, daß der Botryolith viel mehr Wasser enthält, als der Datolith, während die Analyse zeigt, daß die relativen Mengen der übrigen Bestandtheile bei beiden Fossilien im Ganzen die nämlichen sind.

Berechnet man nun die Sauerstoffmengen, so findet sich:

		Sauerstoff.	
Kieselsäure	36,390	18,90	2
Kalkerde	34,270	9,62	1
Borsäure	18,342	12,61	1½
Wasser	10,224	9,08	1

Hieraus folgt dann, daß der Botryolith die Formel



erhält, welcher folgende theoretische Zusammensetzung entspricht:

Kieselsäure	35,920
Kalkerde	33,227
Borsäure	20,355
Wasser	10,498

100.

Der Ueberschufs an Kieselsäure und Kalkerde, welchen die Analyse ergibt, ist leicht erklärlich, und es darf wohl nicht besonders bemerkt werden, dafs die Reinheit der abgeschiedenen Stoffe namentlich der Borsäure, wie beim Datolith, geprüft wurde.

Es ergiebt sich also, dafs Datolith und Botryolith nur dadurch verschieden sind, dafs der letztere doppelt so viel Wasser enthält, als jener.

XIII. *Ueber ein Fossil aus dem Basalt von Stolpen; von C. Rammelsberg.*

An die nachfolgende Untersuchung des Basaltes selbst reiht sich die eines Minerals, welches die Zwischenräume der schönen Basaltsäulen vom Stolpener Schlofsberge ausfüllt. Es ist von Farbe blafs rosenroth in's Weifse; im unverwitterten Zustande an den Kanten durchscheinend, wenig glänzend, fühlt sich fettig an, ist ziemlich weich und zerreiblich, und von unebenem Bruch. In Wasser zerfällt es sogleich ohne Geräusch zu einem feinen Pulver.

Beim Erhitzen giebt es viel Wasser und schrumpft dabei sehr zusammen. Vor dem Löthrohr in der Pinzette schmilzt es unter Blasenwerfen zu einem weifsen schaumigen Email, verbreitet beim Glühen ein intensives Licht, ohne jedoch die Flamme zu färben, weder an und für sich, noch beim Befeuchten mit Schwefelsäure, oder auf Zusatz von Flussspath und zweifach schwefelsaurem Kali. In Borax und Phosphorsalz löst es sich leicht, im letzteren mit Hinterlassung eines Kieselskeletts, zu farblosen Perlen auf. Mit Kobaltsolution befeuchtet, schmilzt es zu einem schwarzen, an den Rändern blauen Email.

Von Chlorwasserstoffsäure wird es unvollkommen zerlegt.

Zur Analyse dienten durchscheinende, noch nicht verwitterte Parthien. Die Zerlegung geschah mittelst kohlen-sauren Natrons und die Wasserbestimmung durch Glühen des Fossils, wodurch erhalten wurden:

Kieselsäure	45,922	23,86
Thonerde	22,145	10,34
Kalkerde	3,902	1,09
Wasser	25,860	22,99
Spuren von Eisenoxyd und Talkerde		
	98,829	

Der Sauerstoffgehalt der Thonerde ist etwa 9 Mal, der der Kieselsäure sowohl als des Wassers 24 Mal so groß als der der Kalkerde. Ist es erlaubt, danach für die Mineral eine Formel zu entwerfen, so würde sie $\text{CaSi}^2 + 3\text{AlSi}^2 + 24\text{H}$ seyn, und die danach ausgeführte Rechnung

Kieselsäure	48,10
Thonerde	20,07
Kalkerde	3,71
Wasser	28,12
	100

geben.

Abgesehen von dem Kalkgehalt stimmt das Stolpener Mineral in der Zusammensetzung mit dem *Bol* und der *Bergseife* überein, deren Art und Weise des Vorkommens auch die seinige ist. Seiner äußeren Beschaffenheit nach nähert es sich dagegen dem *Kerolith* Breithaupt's, welcher jedoch, nach Pfaff, 18 Proc. Talkerde enthält.

Freiesleben erwähnt in seinem *Magazin für die Oryctographie von Sachsen* (Heft 3, S. 106), daß die

Stolpener Basaltsäulen häufig mit einem erdigen, gelblichweißen, matten Ueberzuge erfüllt seyen, der im Bruch kaum faserig, und bisweilen bräunlich oder schwärzlich erscheine. Nach Ficinus soll dieß Mineral ein kalihaltiger Zeolith seyn. An einer anderen Stelle desselben Werkes (Heft 5, S. 153) ist die Vermuthung ausgesprochen, daß grüner Speckstein, dessen aus dem Stolpener Basalt erwähnt wird, woselbst er zwischen den Ablösungen der Säulen vorkommen soll, nichts anderes als Kerolith sey. Ohne Zweifel ist dieß zuletzt erwähnte Mineral mit dem von mir untersuchten identisch.

XIV. *Ueber die Zusammenstellung des Basaltes von Stolpen; von M. W. Sinding aus Kongsberg.*

Obschon es keineswegs an Analysen von Basalten fehlt, so dürfte doch vielleicht die vorliegende, welche ich in dem Laboratorium des Hrn. Dr. Rammelsberg vorgenommen habe, nicht ganz ohne Interesse seyn, besonders wegen des ausgezeichneten Vorkommens dieses Basaltes, zufolge dessen er schon seit langer Zeit gleichsam als Prototyp für diese Gebirgsart gegolten hat. Freilich giebt diese Untersuchung, wenn es sich um die Zusammensetzung des Basaltes als Aggregat von einzelnen Mineralspecies handelt, eben so wenig bestimmte Auskunft, als frühere Arbeiten dieser Art, deren Resultate sie nur in sofern bestätigt, als der Basalt aus einem in Säuren löslichen, wenn man will, zeolithischen, und einem unauflöslichen, feldspath- oder augitartigen Gemengtheil, so wie aus Eisenoxydoxydul (Magnet Eisenstein) zusammengesetzt ist. Eben so scheint aus den wenig übereinstimmenden Resultaten der gegenwärtigen Arbeit

mit den früheren, und diesen unter sich, hervorzugehen, daß die verschiedenen Basalte keinesweges in ihrer Zusammensetzung einander gleich sind.

I. 3,2472 Grm. des fein gepulverten und geschlämmten Basaltes wurden mit concentrirter Chlorwasserstoffsäure in der Wärme digerirt. Nachdem sich das Gemenge in eine Gallerte verwandelt hatte, wurde es filtrirt und die Kieselsäure durch Kochen mit kohlensaurem Natron von dem Unauflöslichen getrennt. Die Bestandtheile des Auflöslichen und die Kieselsäure wurden nach bekannten Methoden abgeschieden. Der in Säuren unlösliche Bestandtheil des Basaltes wurde mit kohlensaurem Natron geschmolzen und hierauf die einzelnen Stoffe wie gewöhnlich getrennt.

II. Da dieser Versuch gezeigt hatte, daß in dem auflöslichen Bestandtheil des Basaltes, wie immer, Eisenoxyd und Oxydul sich zusammen vorfinden, so wurde die Bestimmung beider nach der von Fuchs vorgeschlagenen Methode ausgeführt. Zu dem Ende wurde 4,6991 Grm. Basalt, fein gepulvert, durch Chlorwasserstoffsäure in einem mit Kohlensäure gefüllten Gefäße zersetzt, und die ganze Masse, nachdem sie vorher verdünnt und der größte Theil der freien Säure mit kohlensaurem Natron neutralisirt worden, mit kohlensaurem Baryt in der Kälte behandelt. Nach vollständiger Abscheidung des Eisenoxyds wurde das Ganze filtrirt, der Niederschlag mit Chlorwasserstoffsäure behandelt, und aus der erhaltenen Auflösung, nach Abscheidung der Kieselsäure und des Barytüberschusses, das Eisenoxyd mit Ammoniak gefällt. Es betrug 0,275 Grm. Das in der Flüssigkeit befindliche Eisenoxydul wurde, nach Abscheidung des Baryts und der Oxydation durch Salpetersäure, gleichfalls durch Ammoniak gefällt. Es betrug 0,2476, entsprechend 0,2223 Grm. Eisenoxydul.

III. Durch zwei Versuche wurde der Wassergehalt des Basalts gefunden, ein Mal zu 1,439 und das zweite

Mal zu 1,458 Proc. Als Wasser wurde beide Male der Glühverlust genommen, nachdem das grob gepulverte Mineral im Wasserbade von hygroskopischem Wasser befreit worden war.

Diesen Versuchen zufolge enthalten:

	3,2472 Grm. Basalt	100 Theile
in Säuren löslichen Antheil	1,8748	57,736
- - unlöslichen Antheil	1,3724	42,264
	<u>3,2472</u>	<u>100.</u>

In dem auflöslichen Antheil wurde gefunden:

	in 1,8748	in 100 Theilen		
Kieselsäure	0,7484	39,920		
Thonerde	0,4087	21,266		
Eisenoxyd	0,3328	17,750	{	Eisenoxyd 9,318
				Eisenoxydul 7,482
Kalkerde	0,1473	7,857		
Talkerde	0,0820	4,379		
Natron	0,0989	5,279		
Kali .	0,0524	2,795		
Glühverlust	0,0470	2,490		
	<u>1,9175</u>	<u>101,736</u>		<u>100,786.</u>

Die relativen Mengen der Oxyde des Eisens sind nach II. berechnet, wo der ganze Eisengehalt als Oxyd gefunden wurde = 19,24 Proc.

In dem unauflöslichen Theil wurde gefunden:

	in 1,372	in 100 Th.
Kieselsäure	0,715	52,62
Thonerde	0,161	11,93
Eisenoxyd mit etwas Manganooxyd	0,145	10,63
Kalkerde	0,211	15,49
Talkerde	0,112	8,26
	<u>1,344</u>	<u>98,93.</u>

Diesen Resultaten zufolge möchte es nicht wohl möglich seyn, in den beiden Hauptbestandtheilen des Basaltes bestimmte Mineralgattungen unmittelbar erkennen zu wollen. Es dürfte hier nicht füglich die Rede seyn von einem zeolithischen und einem augitartigen Gemengtheil; denn der Basalt von Stolpen enthält, wie viele andere Basalte, Olivin, und nicht blofs in einzelnen ausgeschiedenen Parthien, sondern durch die ganze Masse des Gesteins vertheilt. Der Beweis liegt in dem Talkerdegehalt des auflösllichen Antheils, welcher den Zeolithen fehlt, und auch nicht von Augit herrühren möchte, da anderweitige Versuche zeigten, dafs er auch vorhanden ist, wenn man sich zur Zersetzung dieses Basaltes nicht concentrirter, sondern mäfsig verdünnter Chlorwasserstoffsäure bedient, und die Anwendung von Wärme vermeidet. Der auflöslliche Antheil besteht also theils in Olivin, theils in einem Zeolith, deren relative Menge zu bestimmen folgende Betrachtung sich anstellen läfst: die gefundenen 9,318 Eisenoxyd erfordern 4,00 Eisenoxydul, um 13,318 Magneteisen (FeFe) zu bilden; es bleiben mithin 3,482 Oxydul übrig, welche als Bestandtheil des Olivins einen Theil Talkerde ersetzen. Der Sauerstoffgehalt dieser 3,48 Eisenoxydul und der 4,379 Talkerde beträgt zusammen 2,48; zieht man die Quantität Kieselsäure, welche eben so viel Sauerstoff enthält (Olivin $= \text{R}^3 \text{Si}$) von der gefundenen Quantität ab, so findet man 4,77. Darnach würde der auflöslliche Theil des Basaltes bestehen aus:

13,318 Magneteisen
12,630 Olivin
74,837 Zeolith
<hr style="width: 100%; border: 0.5px solid black;"/>
100,785.

Was nun den letzteren betrifft, so zeigt eine Vergleichung der Sauerstoffmengen seiner Bestandtheile un-

gefähr das Verhältnifs: $\ddot{\text{Si}}=9$; $\ddot{\text{Al}}=5$; $\dot{\text{R}}$ (Kalkerde, Natron, Kali)=2; $\dot{\text{H}}=1$, woraus sich die Formel des Zeolithes zu $2\dot{\text{R}}^3\ddot{\text{Si}}^2+5\ddot{\text{Al}}\ddot{\text{Si}}+3\dot{\text{H}}$ gestalten würde, was in Bezug auf die Sättigungsgrade beider Glieder an Mesole, Brevicit, Scapolith und Sodalith erinnert, aber auch ein Gemenge mehrerer zeolithischer Fossilien seyn kann.

Der ansehnliche Thonerdegehalt und der geringe Talkerdegehalt des unlöslichen Antheils zeigt wohl, daß derselbe nicht aus Augit allein bestehen kann, sondern vielleicht ein Gemenge von diesem und Labrador ist, wiewohl dann noch etwas Natron fehlen würde, auf dessen Gegenwart übrigens bei der Analyse selbst keine Rücksicht genommen ist; jedenfalls kann die Menge desselben nur gering seyn (der Labrador enthält nur 4,5 Procent).

XV. *Ueber Andalusit und Chiestolith;*
von R. Bunsen in Cassel.

Die auffallenden Abweichungen, welche die bisherigen Analysen des Andalusits und Chiestoliths darbieten, haben unstreitig in den fremden Beimengungen ihren Grund, welche nur selten in diesen Mineralsubstanzen fehlen, selbst wenn sie sehr schön krystallisirt sind. Wenigstens deutet die unvollkommene Ausbildung der Kanten, und die selbst heterogenen Gemengtheile im Inneren der Krystalle deutlich genug auf eine solche Verunreinigung hin, welche einer bestimmten Ansicht über die stöchiometrische Constitution dieser Verbindungen bisher entgegengestanden hat. Unter den bei Lisens vorkommenden Andalusiten findet man indessen kleine Individuen, die sich durch einen hohen Grad von Reinheit

auszeichnen, indem sie, aufer Thonerde und Kieselerde, nur noch unbedeutende Mengen von Manganoxyd und Kalkerde, aber keine Spur eines Alkalis enthalten. Dieses zur nachstehenden Analyse benutzte Fossil ist in kleinen rhombischen Säulen krystallisirt, aus Winkeln von $88^{\circ} 40'$ und $91^{\circ} 20'$; nach den Flächen dieser Säule spaltbar; im Bruche uneben, in's Splittrige und unbestimmt Eckige übergehend; auf den Flächen matt, auf dem Bruche glasartig, auf den Spaltungsflächen demantartig glänzend; durchscheinend, in dünnen Splittern fast durchsichtig; pfirsichblüthroth; vor dem Löthrohr völlig unschmelzbar. Das specifische Gewicht beträgt 3,1458 bei $12^{\circ},7$ C., die Härte 7,5.

Das Fossil wurde zuerst in einem Stahlmörser, dann in einer Achatreibschale pulverisirt, mit Salzsäure extrahirt, ausgewaschen und geschlemmt; 1 Grm. nahm dabei 0,0033 Grm. Kieselerde aus der Reibschale auf:

- 1) 2,0103 Grm. der auf die angegebene Weise behandelten und im Wasserbade getrockneten Substanz wogen nach dem Glühen 2 Grm.; das hygroskopische Wasser beträgt daher 0,512 Proc.
- 2) Die geglühte, mit der sechsfachen Menge kohlen-sauren Natrons aufgeschlossene Masse löste sich vollkommen in verdünnter Chlorwasserstoffsäure auf, und hinterließ beim Abrauchen und Wiederauflösen in verdünnter Säure 0,81 Grm. Kieselerde, welche, nach Abzug der durch die Reibschale und Filterasche bewirkten Verunreinigung, 40,17 Proc. entsprechen.
- 3) Die rückständige, sehr verdünnte Flüssigkeit gab, mit zweifach kohlen-saurem Natron gefällt, 1,1725 Grm. geglühter ungefärbter Thonerde, welche 58,62 Procent entsprechen.
- 4) Aus der abfiltrirten Flüssigkeit wurden durch Natron, auf Zusatz von zweifach kohlen-saurem Natron, 0,01 Grm. Manganoxyduloxyd erhalten, wel-

che 0,0103 Grm. oder 0,515 Procent Manganoxyd entsprechen.

- 5) Der in der abfiltrirten Flüssigkeit durch oxalsaures Ammoniak bewirkte Niederschlag lieferte nach dem Glühen noch 0,01 Grm. kohlen-sauren Kalks, welche 0,281 Proc. Kalk entsprechen.

Aus den Versuchen ergibt sich daher die nachstehende procentische Zusammensetzung:

Kieselerde	40,17
Thonerde	58,62
Manganoxyd	0,51
Kalkerde	0,28
	<hr/>
	99,58.

Unter den Chiasolithen, welche durch ihre Reinheit besonders zur Analyse geeignet sind, zeichnen sich vor allen die Krystalle von Lancastre aus, deren reine Substanz von den scharf begränzten, schwarzen, rhombischen Theilen im Mittelpunkte und den Kanten der Krystalle leicht getrennt werden kann. Diese nicht mit schwarzer Thonschiefermasse imprägnirte Substanz unterscheidet sich in ihren mineralogischen Eigenschaften durch nichts von der des Andalusits. Sie ritzt weder diesen Körper, noch wird sie davon geritzt; ist vor dem Löthrohr unschmelzbar; honiggelb, in's Perlgrau; durchscheinend, an den Kanten fast durchsichtig; auf dem Bruche uneben, in's unbestimmt Eckige und Splittrige übergehend; auf den Spaltungsflächen demantartig glänzend; nach den Flächen einer rhombischen Säule mit Winkeln von ungefähr $89^{\circ} 35'$ und $90^{\circ} 25'$ spaltbar. Ihr spezifisches Gewicht beträgt 0,0882 bei $12^{\circ},7$ C. Das einzige wesentliche extensive Unterscheidungsmerkmal besteht daher nur in jener rhombisch gestalteten Färbung im Inneren der Krystalle, nach deren Gestalt Haüy mehrere Varietäten dieser Substanz unterschieden hat. Allein auch bei dem Andalusite von Lahmerwinkel, Li-

sens und Waldenburg zeigen sich Spuren einer solchen Färbung. Man bemerkt nämlich im Mittelpunkte dieser Krystalle, wenn man sie rechtwinklig gegen die Hauptaxe durchbricht, eine der äußeren Begränzung entsprechende Färbung, die besonders deutlich hervortritt, wenn man die Bruchflächen benetzt. Diese schwarze Zeichnung, welche daher dem Andalusite ebenfalls nicht ganz fremd ist, rührt beim Chistolithe unstreitig von Gemengtheilen her, die ursprünglich dem Thonschiefer — wie ich glaube, dem einzigen Muttergesteine des Chistoliths — angehören, und die bald aus einer kohligten Substanz, bald aus Thonschiefermasse, bald aber auch aus beiden zugleich zu bestehen scheinen. Denn bei einigen dieser Krystalle verschwindet die dunkle Färbung gänzlich vor dem Löthrohr, andere brennen sich zwar weiß, zeigen aber hie und da kleine gefrittete, schwarze Punkte, und wieder andere behalten ihre Färbung fast unverändert nach dem Glühen bei, was besonders bei den am Thonschiefer aufsitzenden Enden der Krystalle der Fall ist.

Man hat, gewifs sehr mit Unrecht, die Regelmäßigkeit dieser Färbung durch eine Zwillingbildung zu erklären gesucht. Allein diese Ansicht wird vollständig durch den Umstand widerlegt, dafs, wenn man die Krystalle nach der Richtung der Hauptaxe durchbricht, die Färbung die Gestalt einer Pyramide mit schnell nach der Spitze hin abnehmend gekrümmten Flächen zeigt, deren gröfsere Basis stets da erscheint, wo der Krystall auf der Thonschiefermasse aufsitzt.

Die mit 2,0146 Grm. reinen Chistolithsubstanz nach der bereits angegebenen Methode angestellte Untersuchung ergab folgende Zusammensetzung:

Kieselerde	39,09
Thonerde	58,56
Manganoxyd	0,53
Kalk	0,21
Flüchtige Stoffe	0,99
	<hr/>
	99,38.

Betrachtet man unter den Bestandtheilen nur die Kieselerde und Thonerde als wesentlich, und faßt man das Resultat der Versuche zusammen, so ergibt sich die nachstehende Zusammensetzung, der die Formel Al^4Si^3 entspricht:

	Andalusit.	Chiastolith.		Berechnet.
Kieselerde	40,66	40,03	3 At.	40,27
Thonerde	59,34	59,97	4 At.	59,73
	<hr/>	<hr/>		<hr/>
	100,00	100,00		100,00.

Chiastolith und Andalusit sind daher identisch, und können höchstens nur als Varietäten von einander betrachtet werden. Uebrigens muß die Zusammensetzung, der zufolge diese Substanzen als vierfach basisch kiesel-saure Thonerde erscheinen, als eine nicht uninteressante Ausnahme von dem allgemeinen Gesetze betrachtet werden, nach welchem sonst gewöhnlich drei Atome Sauerstoff enthaltende Säuren sich mit Basismultiplen nach der Zahl drei verbinden, was im vorliegenden Falle, der allgemeinen Regel zuwider, nach der Zahl zwei geschieht.

XVI. *Analyse des Phonolith vom Marienberg bei Aufsig in Böhmen; von Hermann Meyer.*

Der Phonolith wurde fein gepulvert und geschlämmt, mit Chlorwasserstoffsäure übergossen und unter öfterem Umrühren im Sandbade digerirt. Nach kurzer Zeit hatte sich die ganze Masse in eine steife Gallerte verwandelt, während jedoch noch ein großer Theil des Pulvers sich der Einwirkung der Säure entzogen zu haben schien. Als nach einem neuen Zusatz von Chlorwasserstoffsäure und länger fortgesetzter Digestion keine weitere Auflösung zu bemerken war, wurde die Gelatine mit Wasser behandelt, und durch Filtriren die ausgeschiedene Kieselerde zugleich mit dem unaufgeschlossenen Mineral von dem aufgelösten getrennt. Die Trennung der Kieselerde von dem unaufgeschlossenen Mineral geschah auf die bekannte Weise durch allmähliges Kochen kleiner Parthien mit Wasser und kohlen-saurem Natron in einer Platinschale, Filtriren der heißen Lösung, Aus-süßsen anfangs mit heißer kohlen-saurer Natronlösung, dann mit reinem Wasser, Uebersättigen der Flüssigkeit mit Chlorwasserstoffsäure, Verdampfen zur Trocknifs u. s. w.

Aus der zuerst abfiltrirten Flüssigkeit wurde durch Ammoniak erst die Thonerde und das Eisenoxyd, dann durch oxalsaures Ammoniak die Kalkerde gefällt, und nachdem die erhaltenen Niederschläge abfiltrirt, wurde zur Bestimmung der feuerbeständigen Alkalien die ganze Flüssigkeit in einem Platingefäß zur Trockne verdampft. Nachdem die ammoniakalischen Salze durch Glühen verjagt waren, wurde der Rückstand von Neuem in Wasser gelöst, eine geringe Menge noch darin enthaltener Kieselerde durch Filtriren getrennt, die Flüssigkeit wieder abgedampft, Platinchlorid zugesetzt, das entstandene

Kalium-Platinchlorid abfiltrirt, mit Alkohol ausgestüft, aus der Flüssigkeit das überschüssige Platin durch Schwefelwasserstoffgas gefällt, und nach dem Filtriren zur Trockne verdampft und geglüht.

Thonerde und Eisenoxyd wurden nach der gewöhnlichen Weise durch Kalihydrat von einander geschieden; das gefällte Eisenoxyd wieder aufgelöst und mit bernsteinsaurem Ammoniak gefällt, um es von der Talkerde zu trennen; von letzterer war jedoch keine Spur vorhanden.

Der Wassergehalt des Phonolithes wurde in einem besonderen Versuche durch Glühen einer gewogenen Menge bestimmt. Um zu erfahren, ob in dem Phonolith auch Chlorwasserstoffsäure oder Schwefelsäure enthalten sey, wurden 3 Grm. gepulverten Minerals mit reiner Salpetersäure digerirt und zur erhaltenen Flüssigkeit salpetersaures Silberoxyd gesetzt; ein wägbarer Niederschlag erfolgte zwar nicht, wohl aber nach kurzer Zeit ein deutliches Opalisiren. Salpetersaurer Baryt zeigte in einem anderen Theile der Lösung keine Reaction von Schwefelsäure.

In 11,577 Grm. wurde auf diese Weise erhalten von dem in Säuren unzerlegbaren Gemengtheil:

7,239 Grm. oder 62,529 Proc. und

4,338 - - 37,471 -

des in Säuren auflöslichen Theils; und zwar wurde aus dem Letzteren erhalten:

Kieselerde	1,876 Grm. oder 16,204 Procent
Thonerde	0,911 - - 7,869 -
Eisenoxyd	0,329 - - 2,929 -
Kohlensaurer Kalk	0,230 - - 1,119 Kalkerde
Chlornatrium	0,778 - - 2,665 Natron
Kalium-Platinchlorid	0,0735 - - 0,013 Kali
Glühverlust (Wasser)	- - - 4,993 Procent.

Berechnet man hieraus die in Chlorwasserstoffsäure löslichen Bestandtheile des Phonolith für sich allein in

Pro-

Procenten, und rechnet man das Wasser als allein dem löslichen Gemengtheil angehörend, so ergeben sich die folgenden Mengen, wobei indessen zu bemerken ist, dafs das Eisen wahrscheinlich nicht als Eisenoxyd, verbunden mit der Kieselerde u. s. w., sondern als Magneteisenerz als ein Gemengtheil für sich in dem Phonolith enthalten ist:

Kieselerde	43,244	Proc., deren Sauerstoff	= 21,463
Thonerde	21,000	- - -	= 9,807
Eisenoxyd	7,816	- - -	= 2,303
Natron	7,112	- - -	= 1,818
Kali	0,035	- - -	= 0,006
Kalkerde	2,986	- - -	= 0,838
Wasser	13,325	- - -	= 11,844
	<u>95,518.</u>		

Von dem in Chlorwasserstoffsäure unlöslichen Theil des Mineralen wurden 2,463 Grm. einer Analyse mit Fluorwasserstoffsäure unterworfen. Die hierzu angewandte Säure, in einer mit Eis beständig umgebenen Vorlage erhalten, rauchte sehr stark und löste das Steinpulver unter starker Erwärmung so vollständig, dafs auch nicht der kleinste Rückstand blieb; der Gang der Analyse war der gewöhnliche, und Folgendes sein Ergebnis:

Thonerde	0,477 Grm. = 19,362 Proc.	worin 9,042 Sauerst.
Eisenoxyd	0,048 - = 1,351 -	- 0,393 -
Kohlens. Kalk	0,078 - = 1,781 -	Kalkerde - 0,500 -
Phosphorsaure		
Magnesia	0,045 - = 0,669	} 1,773 Magnesia - 0,416 -
Schwefelsaure		
Magnesia	0,080 - = 1,104	
Kalium-Platinchlorid	1,866 - = 14,649 Proc. Kali	- 2,493 -
Kieselerde (durch den Verlust)	<u>61,184</u> -	- 31,783 -
	100,000.	

Der Phonolith im Ganzen würde hiernach enthalten:

56,652	Kieselerde
16,941	Thonerde
3,905	Eisenoxyd
1,946	Kalkerde
1,697	Magnesia
2,665	Natron
9,519	Kali
4,993	Wasser
<hr/>	
98,318.	

Bemerkungen zu der vorstehenden Abhandlung.

Der Phonolith vom Marienberg unterscheidet sich von den gewöhnlichen Phonolithen, wie dem vom Schloßberge oder dem Milleschauer bei Teplitz, durch seine lichte graue Farbe, seinen unebenen Bruch und den Mangel von sichtbaren Gemengtheilen. Einige hier und da eingewachsene kleine Krystalle von gelbem Titanit und schwarzer Hornblende, und einige Körnchen von Magneteisenerz ausgenommen, scheint er davon ganz frei, und die sonst gewöhnlichen Krystalle von glasigem Feldspath fehlen in ihm gänzlich, sind wenigstens mit bloßen Augen nicht zu erkennen. Er bildet den Typus einer ganzen Abtheilung von Phonolithen, wie sie an der Elbe, zwischen Aussig und Tetschen, häufig erscheinen, und wozu, aufser ihm, ein Theil des Schreckensteins, der Ziegenberg, Schiwentzer Berg und andere gehören, daher eine Analyse, die Hr. Meyer auf meine Bitte gern unternommen und in dem Laboratorium meines Bruders ausgeführt hat, wohl wünschenswerth schien.

Der Phonolith vom Marienberge stimmt nach dieser Analyse in seiner chemischen Zusammensetzung wohl

in sofern mit den von Gmelin ¹⁾ untersuchten Phonolithen überein, als der durch Chlorwasserstoffsäure zerlegbare Gemengtheil die Zusammensetzung eines Zeolithes, und der darin unzerlegbare die des Feldspathes hat, aber der erstere unterscheidet sich von denen der Gmelin'schen Phonolithe durch viel größeren Wasser- und einen kleineren Alkali-Gehalt. Ihn auf einen bestimmten Zeolith zu beziehen, würde jetzt noch zu voreilig seyn, da es wahrscheinlich ist, daß der zerlegbare Gemengtheil nicht ein einziger, sondern ein Gemenge zweier oder mehrerer Zeolithe ist, worauf auch schon der Umstand deutet, daß in den Höhlungen des Marienberger Phonolithes nicht allein Natrolith, sondern auch Apophyllit (der Werner'sche Albin), wie auch etwas Kalkspath vorkommt; vielleicht ist er auch ein Gemenge eines Zeolithes mit einem nicht wasserhaltigen, in Säuren gelatinirenden Silicate (z. B. Nephelin). In Rücksicht der Menge des gelatinirenden Gemengtheils steht der Marienberger Phonolith dem von Hohenkrähen nach, übertrifft aber die von der Pferdekuppe und von Abtsrode, wie man aus der folgenden Uebersicht ersieht:

Phonolith	Zerlegbarer Gemengtheil	Unzerlegbarer Gemengtheil.
von Hohenkrähen	55,13	44,87
vom Marienberg	37,47	62,53
von der Pferdekuppe	18,59	81,41
von Abtsrode	15,84	84,16

Gustav Rose.

1) Vergl. Poggendorff's Annalen, Bd. XIV S. 357.

XVII. *Ueber die chemische Zusammensetzung
des Mikroklin;*

von *J. v. Ewreinoff.*

Kapitain im K. Russ. Berg-Ingenieur-Corps.

Der Mikroklin ist von Breithaupt ¹⁾ von dem Feldspath getrennt und als eigene Species unterschieden worden. Die Trennung beruht hauptsächlich auf sehr kleinen Unterschieden in den Winkeln der Krystalle; es schien mir daher, bei der grossen geologischen Wichtigkeit, welche der Feldspath und die damit verwandten Species für die Zusammensetzung der Gebirgsarten haben, von Interesse, durch die chemische Analyse auszumachen, in wie weit dieser Unterschied in der chemischen Zusammensetzung begründet sey. Ich habe dazu eine bräunlichrothe krystallisirte Varietät von Arendal benutzt, die mir Hr. Prof. G. Rose aus der Königlichen Mineraliensammlung gab, woselbst sie Hr. Prof. Breithaupt bei einem früheren Besuche, als seinem Mikroklin angehörig, selbst bestimmt hatte; ich kann daher überzeugt seyn, den wahren Mikroklin analysirt zu haben. Die Analyse selbst habe ich Gelegenheit gehabt in dem Laboratorium des Hrn. Prof. H. Rose anzustellen; bei der einen schloß ich das Mineral mit kohlen saurem Natron, und bei der andern durch Fluorwasserstoffsäure auf, um auf letzterem Wege die Alkalien zu bestimmen.

Von dem sorgfältig ausgewählten, fein zerriebenen und geschlammten Mineral wurden 2,7615 Grm. mit kohlen saurem Natron geschmolzen, die geschmolzene Masse durch Chlorwasserstoffsäure zersetzt und nach bekannten Methoden weiter behandelt. Bei dieser Analyse erhielt

1) Jahrbuch der Chemie und Physik für 1830, von Schweigger-Seidel, Bd. III S. 324.

ich Kieselsäure 1,816 Grm., was 65,761 Proc. entspricht. Die von der Kieselsäure abfiltrirte Flüssigkeit wurde auch noch weiter untersucht, um die anderen Bestandtheile, die aus der zweiten Analyse erhalten wurden, controliren zu können.

Bei der Analyse vermittelst Fluorwasserstoffsäure habe ich 3,8006 Grm. sehr fein geschlämmtes Pulver angewendet. Diese Menge der Substanz wurde vorsichtig in einer geräumigen Platinschale mit starker Fluorwasserstoffsäure übergossen, Schwefelsäure hinzugesetzt, abgedampft und bis zum anfangenden Glühen erhitzt. Als dann wurde die erhaltene trockne Masse mit Chlorwasserstoffsäure befeuchtet, einige Zeit stehen gelassen, sodann mit vielem Wasser übergossen, aufgeköcht und endlich filtrirt. Es blieb nur eine geringe Menge vom unzersetzten Minerale auf dem Filtrum zurück, deren Gewicht 0,0512 Grm. betrug. Aus der von dem Rückstande abfiltrirten Flüssigkeit wurde durch Ammoniak Thonerde vollständig niedergeschlagen, dieselbe schnell auf ein Filtrum gebracht und mit heißem Wasser ausgesüßt, hierauf getrocknet, geglüht und gewogen; ihr Gewicht betrug 0,6865 Grm. Nach Behandlung der nicht zu stark geglühten Thonerde mit Chlorwasserstoffsäure, wurden vermittelst kaustischen Kalis nur Spuren von Eisenoxyd aufgefunden, dessen Gewicht nicht bestimmt werden konnte. Die ammoniakalische Flüssigkeit wurde mit Oxalsäure versetzt, und erst nach längerer Zeit ein geringer Niederschlag von oxalsaurer Kalkerde erhalten, der abfiltrirt wurde. Die Menge der kohlen sauren Kalkerde, welche durch Glühen dieses Niederschlags mit kohlen saurem Ammoniak bestimmt wurde, wog 0,08 Grm. Die hiervon abfiltrirte Flüssigkeit wurde zur Trocknifs abgedampft, die trockne Masse, zur vollständigen Verjagung der ammoniakalischen Salze, längere Zeit bis zum mäfsigen Glühen erhitzt. Der Rückstand mit Wasser behandelt, filtrirt und die klare Auflösung in einem tarirten Platintie-

gel zur Trockne gebracht. Die trockne Salzmasse aber, um vollkommen neutrales schwefelsaures Kali zu erhalten, mehrere Male mit kohlenurem Ammoniak geglüht und gewogen, bis das Gewicht constant blieb. Das schwefelsaure Kali wurde wieder mit Wasser aufgelöst, mit Chlorwasserstoffsäure versetzt, Platinchlorid hinzugefügt, bis fast zur Trockne abgedampft und nun Alkohol zugegossen. Der Niederschlag von Kalium-Platinchlorid wurde auf ein gewogenes Filtrum gebracht und gewogen; sein Gewicht betrug 2,728 Grm. Die Flüssigkeit, welche vom Kalium-Platinchlorid abfiltrirt war, wurde, nach vollständiger Entfernung des darin enthaltenen Platins, durch Schwefelwasserstoff und weiterer Behandlung zur Trockne abgedampft, und nur eine geringe Menge eines Rückstandes noch gefunden. Er bestand aus schwefelsaurem Natron. Noch bei der ersten Analyse vermittelt kohlenurem Natrons wurden auch die Spuren von Magnesia gefunden.

Die Analyse hat also ergeben:

Kieselerde	= 65,761	34,15	34,15
Thonerde	= 18,308	8,54	} 11,25 × 3 = 33,75
Kalkerde	= 1,200	0,33	
Kali	= 14,060	2,38	
Natron	} Spuren		
Magnesia			
Eisenoxyd			
		<hr/>	
		99,329	

eine Zusammensetzung, die mit der des Feldspaths, bis auf die kleine Menge Kalkerde, welche einen Theil des Kalis ersetzt hat, ganz übereinstimmt.

XVIII. Ueber das Atomgewicht der Kohle;
von J. Berzelius.

(Aus den *Kongl. Vetensk. Acad. Handling.* vom Hrn. Verfasser mitgetheilt.)

Man hat in neuerer Zeit angefangen, das Atomgewicht der Kohle für unrichtig, für zu hoch angenommen zu halten, aus dem Grunde, weil man bei organischen Analysen, von besonders kohlenhaltigen Substanzen, z. B. des Naphthalins, einen Ueberschufs bekam, welcher nicht einem Fehler im Atomgewicht des Wasserstoffs zugeschrieben werden konnte, da er gröfser war als der erlaubte Beobachtungsfehler. Aus diesem Grunde hat Dumas behauptet, das Atomgewicht der Kohle, so wie es gewöhnlich berechnet werde, d. h. zu 76,438, sey zu hoch, und betrage wahrscheinlich nur 75,9¹⁾. Die richtige Kenntnifs dieses Atomgewichts ist für die Beurtheilung organischer Zusammensetzungen von grofser Wichtigkeit; $\frac{6}{7\frac{2}{3}\sigma}$ desselben ist zwar nicht viel, aber multiplicirt mit 10, 20, 30 und mehr, hat es einen sehr grofsen Einflufs auf die Berechnung eines analytischen Resultats. Aus diesem Grunde habe ich eine Prüfung der Dumas'schen Angabe vorgenommen.

Ausgemacht ist, dafs man die Versuche, durch welche die Atomgewichte der einfachen Körper bestimmt werden sollen, mit Sorgfalt so auswählen müsse, dafs die Geschicklichkeit des Experimentators dabei so wenig wie möglich Einflufs habe, und, wenn reine Materialien zur Untersuchung genommen sind, die einzige Arbeit desselben in der Wägung bestehe. Von solcher Art ist der Versuch, welcher der Bestimmung der Zahl 76,438, die bis jetzt für das Atomgewicht der Kohle angenom-

1) *Compt. rend. hepd.* 1838, I, p. 464.

men wurde, zum Grunde liegt. Er wurde gemeinschaftlich von Dulong und mir in Berthollet's Laboratorium zu Arcueil mit dessen zu diesem Zweck vortrefflichen Instrumenten ausgeführt, und bestand in einer Bestimmung des specifischen Gewichts des Kohlensäuregases ¹).

Es giebt meines Erachtens zur Bestimmung des Atomgewichts der Kohle keinen Versuch, welcher in Zuverlässigkeit mit diesem verglichen werden könnte. Es ist leicht, das Kohlensäuregas rein zu erhalten, und es ist auch leicht zu bestimmen, ob es mit Luft gemengt sey und mit wie viel. Das Ergebnifs beruht nicht auf dem Atomgewicht eines anderen Körpers, bei welchem ein Fehler sich zum Beobachtungsfehler beim Versuch addiren könnte; es ist folglich, wenn der Versuch mit der Genauigkeit angestellt wird, dafs das specifische Gewicht bei den einzelnen Wägungen nur in den letzten Decimalstellen schwankt, nach meiner Meinung entscheidend.

Bei Analysen des Naphthalins, welches man allen Grund hat, dem Verhältnifs C^8H^4 entsprechend, als bestehend aus Kohle = 93,8728 und Wasserstoff = 6,1272, anzusehen, bekam man bei Addition der Verbrennungsproducte immer einen Ueberschufs, und auch einen Ueberschufs an Kohle, von der man in den meisten Fällen ungefähr 94,5 Proc. gefunden hat, während man, wenn das Atomgewicht der Kohle zu 76,438 angenommen wird, 93,873 Proc. hätte erhalten müssen. Versuche darüber sind angestellt von Faraday, Mitscherlich, Laurent, Dumas, Liebig, Blanchet und Sell, und zuletzt, unter Liebig's Anleitung, von Woskresensky, der nicht weniger als acht Analysen angestellt, die alle die von seinen Vorgängern gefundenen Extreme und Mittelzahlen einschliessen. Einer seiner Versuche gab für die Zusammensetzung des Naphthalins 6,06 Wasserstoff und

1) *Ann. de chim. et de phys.* XV, p. 389.

93,94 Kohle, was mit dem nach der Formel berechneten Resultat so nahe übereinstimmt, daß die Abweichung davon nicht in Betracht kommt. Allein von den acht Analysen hatten fünf von 94,4 bis 94,6 Procent Kohle gegeben, und eine endlich 95. Mitscherlich's Analysen gaben 94,34 und 94,44, Liebig's drei Analysen 94,3; 94,2; 94,6. Dumas erhielt in neun Versuchen von 93,8 bis 94,9; Blanchet und Sell's Resultate gehen von 94,46 bis 94,56, und endlich gaben zwei Versuche von Marchand 93,65 bis 93,82.

Nimmt man an, das Naphthalin bestehe aus C^4H^3 oder C^3H^2 , so bekommt man einen Kohlengehalt von 94,23 oder 94,84 Proc.; dann aber wird der Wasserstoffgehalt auf 5,77 oder 5,16 reducirt, was einen so großen Ueberschufs von dem bei der Analyse erhaltenen Wasser voraussetzt, daß eine solche Zusammensetzung nicht angenommen werden kann. Gewiß kann man sagen, das Naphthalin brauche nicht eine so geringe Anzahl einfacher Atome zu enthalten, wie man im Allgemeinen annimmt, da man in der Naphthalinschwefelsäure nicht weniger als vier solche Atome oder $C^{20}H^{16}$ findet. Wollte man nun voraussetzen, die richtige Zusammensetzung sey $C^{21}H^{16}$, so würde der procentische Gehalt an Kohle 94,15 und an Wasserstoff 5,85. Allein dieser Ausweg zur Erklärung hilft doch nichts beim Gewichtsüberschufs der zusammengerechneten Bestandtheile, und der Ueberschufs des bei der Analyse erhaltenen Wassers wird nach dieser Ansicht größer, als er bei einem einigermaßen wohl ausgeführten Versuche möglich ist.

Das Verhalten verdient also auf's Neue geprüft zu werden, besonders in Hinsicht der Abweichungen, welche von den analytischen Methoden herrühren können; möglicherweise sind darunter verschiedene, welche bei der Analyse sauerstoffhaltiger Körper weniger merkbar werden, da der Sauerstoff immer aus dem Verlust berechnet wird. — Man muß das Naphthalin auch auf an-

dere Weisen analysiren, und die Resultate von verschiedenen Methoden vergleichen. — Dafs in der Analyse des Naphthalins ein Fehler liegt, erhellt aus dem Ueberschufs, welchen alle bei der Berechnung der Verbrennungsproducte erhalten haben; es mufs ausgemittelt werden, worin der Fehler liegt. Ich habe hier nur den Zweck, zu erforschen, ob der Fehler in einer unrichtigen Zahl für das Atomgewicht der Kohle liege.

Offenbar mufs sich das Atomgewicht der Kohle durch Analyse kohlenaurer und oxalsaurer Salze bestimmen lassen, und hiezu das Carbonat und Oxalat des Bleioxyds besonders geeignet seyn, da das Atomgewicht des Bleioxyds mit einiger Sicherheit bestimmt ist, und die Austreibung oder Zerstörung der Säuren durch Glühen so leicht geschieht. Mit diesen habe ich daher einige Versuche angestellt, unterstützt von Hrn. Lars Svanberg, dessen ausgezeichnete Geschicklichkeit durch verschiedene, früher von ihm der K. Academie übergebene Arbeiten bezeugt wird.

Die Versuche wurden angestellt mit reinem kohlen-sauren Bleioxyd, das aus reinem salpetersauren Bleioxyd durch Eintröpfung einer Lösung von reinem kohlen-sauren Ammoniak im Ueberschufs und vollkommenes Auswaschen erhalten war, auch mit oxalsauerm Bleioxyd, das theils aus essigsauerm Bleioxyd, theils aus einem verdünnten salpetersauren Bleioxyd gefällt worden.

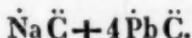
Das Abfiltriren und Waschen der Niederschläge geschah, zur Vermeidung einer Einmischung von Fasern des Filtrirpapiers, auf die Weise, dafs von einer cylindrischen Flasche der Boden abgeschnitten, und in den zu einer feinen Spitze ausgezogenen Hals etwas Baumwolle gelegt wurde. Bei Herausnahme des gewaschenen Niederschlags wurde eine solche Lage darin über dem Baumwollenstöpsel zurückgelassen, dafs keine Einmischung davon möglich war.

Die Niederschläge wurden zuletzt bei einer höheren Temperatur getrocknet, indess nicht bei einer so hohen, daſs dadurch die Zusammensetzung des Salzes verändert worden wäre. Alle Wägungen geschahen durch Substitution auf einer Wage, welche, auf beiden Seiten mit 2 bis 300 Grm. belastet, noch mit 0,1 Milligramm. einen merk- baren Ausschlag gab.

1) *Kohlensaures Bleioxyd.* 17,8005 Grm. dessel- ben, bei $+165^{\circ}$ C. getrocknet, wurden im Platintiegel zur gelinden Rothgluth erhitzt und sodann über Schwef- elsäure erkalten gelassen; es hinterblieben 14,8559 Grm. Bleioxyd. Das Gewicht der Kohlensäure ist folglich 2,9446, mithin das Atomgewicht der Kohlensäure = 276,405 und das der Kohle = 76,405.

Das Bleioxyd hatte eine rein gelbe Farbe, und löste sich in verdünnter Essigsäure ohne Rückstand auf.

Bei einem Versuch mit salpetersaurem Bleioxyd, wel- ches in eine Lösung von reinem kohlen-sauren Natron eingetröpfelt und mit einem Ueberschufs des Alkalis ge- kocht worden, wurde ein kohlen-saures Bleioxyd erhal- ten, welches nach vollkommenem Auswaschen von 13,698 Grm., bei $+160^{\circ}$ C. getrocknet, einen Glührückstand von 10,618 Grm. hinterliefs, folglich 2,080 Grm. oder 15,185 Proc. Kohlensäure verloren hatte. Wasser zog daraus kohlen-saures Natron aus. Es war folglich



2) *Oxalsaures Bleioxyd,* gefällt mit überschüssiger Oxalsäure aus essigsau-rem Bleioxyd, getrocknet bei 140° C., = 12,399 Grm., wurde in demselben Glaskolben, in dem es gewägt und getrocknet worden, verbrannt. Es hinterliefs eine blafs citrongelbe Masse, welche 9,3478 wog, und bei Auflösung in verdünnter Essigsäure 0,1413 metallisches Blei hinterliefs, entsprechend einem Sauer- stoffverlust von 0,0109, so daſs das Gewicht des Oxyds = 9,3587 und das der Oxalsäure = 3,0403 wird. Dar-

nach berechnet, ergibt sich das Atomgewicht der Oxalsäure = 453,022 und das der Kohle = 76,511.

3) *Oxalsäures Bleioxyd*, gefällt aus salpetersaurem Bleioxyd, getrocknet bei 145° und 10,0297 Grm. wiegend, wurde eben so verbrannt; es gab, nach Berechnung des zur Oxydation von 0,283 Grm. reducirten Blei erforderlichen Sauerstoffs 7,5658 Bleioxyd und 2,4639 Oxalsäure. Hieraus ist das Atomgewicht der Oxalsäure = 454,137 und das der Kohle = 77,068.

4) *Oxalsäures Bleioxyd* von derselben Bereitung, getrocknet bei 150° C. = 14,0372, gab 10,5921 Bleioxyd und 3,4451 Oxalsäure, wornach deren Atomgewicht = 453,564 und das der Kohle = 76,782.

Die Eigenschaft des oxalsäuren Bleioxyds, ein Doppelsalz mit salpetersaurem Bleioxyd zu bilden, welches zwar vom Wasser zersetzt wird, vermuthlich aber niemals vollständig durch Waschen ausgezogen werden kann, scheint hier sich dadurch zu verrathen, dafs diese beiden letzten Versuche ein höheres Atomgewicht ergeben, als die beiden ersten. Dabei mufs auch bemerkt werden, dafs das aus dem salpetersauren Bleioxyd gefällte oxalsäure Bleioxyd schwer und krystallinisch war, und dafs bei dem letzten Versuch eine Spur des reducirten Bleis durch Zufall während des Wägens verloren ging.

Den beiden Versuchen, die mit dem aus salpetersaurem Bleisalz gefällten oxalsäuren Bleioxyd angestellt wurden, dürfte folglich kein Stimmrecht zuerkannt werden können.

Die Anzahl dieser Versuche ist zwar nicht so grofs wie erfordert würde, wenn durch sie allein das Atomgewicht der Kohle bestimmt werden sollte; allein als Probe, wie weit das aus dem specifischen Gewicht des Kohlensäuregases hergeleitete Atomgewicht richtig sey, halte ich sie doch für ganz befriedigend. Die Mittelzahl aus den beiden ersten Versuchen ist 76,458, und sie stimmt also mit 76,438 so nahe überein, wie man von dergleichen Versuchen nur erwarten kann.

Es giebt in Betreff des Atomgewichts der Kohle noch einen anderen Umstand, der hier berührt zu werden verdient, nämlich; ob die Kohlensäure, welche gewöhnlich als $C+2O$ betrachtet wird, $C+O$ sey, und das Kohlenoxyd $2C+O$, wie Dumas und, nach ihm, einige andere französische Chemiker annehmen. Die Frage wäre gleichgültig, wenn nicht daraus beim Gebrauche chemischer Formeln zuweilen Verwechslungen entständen; denn man muß entweder schon wissen, wie der Verfasser der Formeln das Atomgewicht der Kohle ansieht, oder auch nachrechnen, um zu finden, ob das Zeichen C die Zahl 76,438 oder 38,219 bedeute. Dafs dies Verwirrungen verursachen könne, ist unläugbar; auch wäre zu wünschen, dafs beim Gebrauche von Formeln dasselbe Zeichen immer dieselbe Zahl bedeute.

Vergleicht man die Wahrscheinlichkeiten der beiden angeführten Gewichte, so bleibt, meines Erachtens, die größte für die Zahl 76,438. Nach dieser besteht das Kohlenoxyd aus 1 Volum von jedem Element ohne Verdichtung, und die Kohlensäure aus 1 Volum Kohle und 2 Vol. Sauerstoff, verdichtet zu 2 Volumen. Nach dem Atomgewicht 38,219 besteht das Kohlenoxyd aus 2 Vol. C, und 1 Vol. O verdichtet zu 2 Vol. und die Kohlensäure aus gleichen Volumen ohne Verdichtung. So lange das Volum der Kohle in Gasform nicht direct gewogen werden kann, ist die eine dieser Ansichten eben so wahrscheinlich als die andere.

Vergleichen wir ferner diese beiden Ansichten bei der Zusammensetzung der kohlen-sauren Salze, so verringert sich die Wahrscheinlichkeit für das niedrigere Atomgewicht. Es ist ein so allgemeines Verhalten, dafs in neutralen Salzen 1 At. Säure auf 1 At. Basis und 1 At. Radical sowohl von der Säure als von der Basis enthalten ist, dafs eine constante Ausnahme sich nur bei solchen Säuren findet, die aus 2 At. Radical und 1, 3 oder 5 At., d. h. einer ungeraden Anzahl Atome, Sauerstoff

bestehen. Wäre die Kohlensäure $C+O$, so würden die neutralen Carbonate von Baryterde, Strontianerde und Kalkerde aus 1 At. Basis und 2 At. Kohlensäure bestehen, und man dürfte erwarten, daß gelindes Glühen das eine Atom mit Hinterlassung des andern austreiben könnte. Ist die Kohlensäure aber $C+2O$, so ist das Verhalten dieser Carbonate mit der angenommenen Zusammensetzung übereinstimmend.

Eine andere Wahrscheinlichkeit für $C+2O$ liegt auch in dem Vergleich mit anderen Sauerstoffverbindungen der Kohle; denn wenn das Atom der Kohle nur 38,219 wiegt, so ist die Oxalsäure C^4O^3 , die Honigsteinsäure C^8O^3 , die Mesoxalsäure C^6O^3 , die Krokonsäure $C^{10}O^4$ und die Rhodizinsäure $C^{14}O^7$, statt bei Annahme des Gewichtes 76,438 die Anzahl der Kohlen-Atome halb so groß wird, was besonders bei der Oxalsäure und Mesoxalsäure das Wahrscheinlichere ist. Es scheint als habe Dumas sich deshalb für das halbe Atomgewicht entschieden, weil bei der Zusammenrechnung einiger Analysen die Zahl 76,438 zu der Nothwendigkeit führt $\frac{1}{2}$ At. Kohle anzunehmen; aus mehreren dieser Analysen, z. B. aus der des Indigo's, ist indefs, seit genauere Versuche angestellt worden, diefs halbe Atom verschwunden, und jedenfalls würde es vielleicht vorsichtiger gewesen seyn, ein so beschaffenes analytisches Resultat für unrichtig zu halten, als anzunehmen, die neutralen Carbonate beständen aus 1 At. Basis und 2 At. Kohlensäure.

Was hier von der Halbierung des Kohlen-Atoms gesagt worden, gilt auch von der, besonders von englischen Chemikern vorgenommenen Verdopplung der Atome des Wasserstoffs, des Stickstoffs und der Salzbildner, wogegen offenbar die relativen Volume sprechen. Man hat einmal damit begonnen, und der allgemeine Gebrauch scheint dort einen mächtigeren Einfluß auszuüben als Betrachtungen, die aus einer allgemeinen Uebersicht der

Wissenschaft geschöpft sind. Es wäre indess gut, wenn in wissenschaftlichen Fragen Nichts sich geltend machte, als was die größte Wahrscheinlichkeit zur Richtigkeit für sich hat.

XIX. *Fernere Nachrichten über das neue Metall.*

(Aus einem Schreiben des Hrn. v. Berzelius an den Herausgeber) ¹⁾.

Stockholm, 3. Mai 1839.

— **M**osander hat gefunden, dafs das Cerium überall, wo es vorkommt, von einem neuen, zuvor unbekanntem Mineral begleitet wird, dessen Oxyd dem Ceroxyd im Ansehen so ähnlich ist, dafs es schwerlich durch seine äufseren Eigenschaften von diesem unterschieden werden kann. Das Cerium verhält sich also, wie z. B. das Kobalt, welches fast niemals ohne Nickel gefunden wird, oder wie das Tellur, welches selten von Selen frei ist, u. s. w. Mosander hat diefs neue Mineral *Lantan* genannt, von *λαντανειν*, verborgen seyn.

Indess läfst es sich ganz leicht vom Cerium abscheiden. Man löst die gemengten Oxyde in Salpetersäure, dunstet zur Trockne, und glüht bis die Salpetersäure verjagt ist. Das rückständige Oxyd wird zu Pulver zerrieben, und in gelinder Wärme mit einer durch 50 bis 100 Th. Wasser verdünnten Salpetersäure behandelt. In ein Paar Stunden ist das Lantanoxyd in der Säure gelöst, und das zurückgebliebene Ceroxyd ist fast vollkommen unlöslich, sowohl in Salpetersäure als in Salzsäure. Die Lösung wird filtrirt und mit kohlensaurem Alkali gefällt, am besten mit kohlensaurem Ammoniak, welches nichts davon löst. Nach 24 Stunden sam-

1) Diese Nachrichten vervollständigen die, welche den Lesern bereits im letzten Hefte, S. 648, mitgetheilt wurden.

melt sich der Niederschlag gewöhnlich zu glänzenden Krystalschuppen, die mit Leichtigkeit auf das Filter zu bringen und zu waschen sind, und nach dem Trocknen in einer zusammenhängenden glänzenden Masse von dem Papiere abgenommen werden können. Das Carbonat wird in Salzsäure gelöst und die Lösung verdunstet, das trockne Salz, um es wasserfrei zu erhalten, in Salzsäuregas erhitzt und mit Kalium reducirt. Zur Abwaschung des Kochsalzes und Abschleimung des möglicherweise gebildeten Oxyds wird der Rückstand mit Alkohol von 0,833 übergossen, worauf ein graues Metallpulver zurückbleibt, welches eine dunkle Bleifarbe besitzt, weich ist und sich zusammenplätten läßt. Diefs wird nun durch Auspressen getrocknet und eine Weile über Schwefelsäure im luftleeren Raum stehen gelassen. In kaltem Wasser entwickelt es langsam Wasserstoffgas, in warmem Wasser entsteht ein Aufbrausen, und das Metall verwandelt sich in ein weißes, etwas schleimiges Hydrat. An der Luft verwandelt es sich langsam in Oxyd.

Das Oxyd erhält man, wenn man das Carbonat glüht, anhaltend glüht, denn die letzten Portionen Kohlenensäure hängen demselben hartnäckig an. Es ist blafs ziegelroth, und aus dem geglühten salpetersauren Salz erhält man es von derselben Farbe wie das gewöhnliche Ceroxyd. Diese Farbe gehört nicht einer Einmischung von Ceroxyd an. Legt man es in warmes Wasser und läßt es eine Weile darin, so verwandelt es sich in ein weißes Hydrat, ohne dafs es sich bemerkenswerth in Wasser löst. Dieses Hydrat bringt geröthetes Lackmuspapier langsam wieder zur blauen Farbe zurück. Auch im stark geglühten Zustand löst sich das Lantanoxyd äußerst leicht in Säuren, und wenn die Menge der Säure unzulänglich ist, verwandelt es sich in ein basisches Salz. Aus einer Salmiaklösung treibt es bei fortgesetzter Digestion Ammoniak aus und löst sich darin. Fällt man das Oxyd mit ätzendem Alkali, so erhält man ein Hydrat,

drat, welches so schleimig ist, dafs es nicht abfiltrirt oder gewaschen werden kann.

Das Lantanoxyd hat zwei isomere Modificationen. Glüht man es in Berührung mit Wasserstoffgas, so wird es weifs, mit einem schwachen Stich in's Grüne, löst sich dann träger in Säuren und giebt Lösungen, die im concentrirten Zustande grünlich sind, und das daraus angeschossene Salz hat einen Stich in's Grüne. Glüht man es in Berührung mit Sauerstoffgas, so wird es ziegelroth, ohne dafs es bei dem Uebergang aus dem früheren Zustande sein Gewicht verändert; auch wenn es nun aufs Neue in Wasserstoffgas geglüht wird, findet keine Gewichtsveränderung statt. Das rothe Oxyd löst sich leichter in Säuren, seine concentrirten Lösungen sind amethystroth und die angeschossenen Salze haben einen Stich in's Rothe. Die eingetrockneten Salze sind in Masse weifs.

Schwefellantan erhält man durch Glühen des Metalls in Schwefelkohlenstoff, welches man in Dampfform darüber leitet. Es ist gelb und zersetzt kaltes Wasser unter Entwicklung von Schwefelwasserstoffgas und Bildung eines weissen Hydrats.

Die Salze des Lantanoxyds lösen sich ohne Farbe in Wasser, schmecken zusammenziehend, kaum süßlich. Die mit Schwefel-, Salpeter-, Salz- und Essigsäure sind leichtlöslich in Wasser. Mit Oxalsäure und Kohlensäure giebt es dagegen unlösliche Salze. Mit schwefelsaurem Kali giebt es ein trüglöslisches Salz, welches sich aber nicht so ausfällt wie beim Cerium, falls nicht Cerium eingemengt ist, da dann beide zusammen in bestimmten Verhältnissen niederfallen.

Das Atomgewicht des Lantans ist niedriger als das bisher für das Cerium angenommene. Das aus dem Cerit erhaltene, bisher für Ceroxyd angenommene Gemenge beider Oxyde enthält weniger als 0,5, aber mehr als 0,4 Lantanoxyd.

Wird Lantanoxyd aus einer neutralen Lösung durch Bariumsuperoxyd niedergeschlagen, so erhält man ein Hydrat von Lantansuperoxyd, welches einen schwachen Stich in's Gelbe hat, aber nicht ohne Verlust des einen Sauerstoffatoms getrocknet werden kann.

XX. *Fernerweitiges Vorkommen des Lantans.*

(Briefliche Mittheilung von Hrn. Prof. Kersten.)

Freiberg, 12. Mai 1839.

— Das Lantan befindet sich auch in Verbindung mit Phosphorsäure, Thorerde, Ceroxydul, Zinnoxyd u. s. w. im Monazit von Miask, dessen Analyse ich in einem der nächsten Hefte der Annalen mittheilen werde. Ich hatte nämlich dieß Mineral analysirt, erhielt aber so auffallende Erscheinungen, daß ich Hrn. Berzelius einige Krystalle von diesem Minerale und meine ausgeschiedenen Producte übersandte. Er hat die Güte gehabt die letzteren zu untersuchen, und gefunden, daß dieses Mineral neben Cer auch Lantan enthielt, überdieß auch Phosphorsäure.

XXI. *Notiz über die Wärme-Entwicklung in festen Verhältnissen; von H. Hefs.*

(Aus dem *Bullet. scientif.* der St. Petersburger Academie, vom Hrn. Verfasser mitgetheilt.)

Da der Inhalt dieser Notiz aus ihrem Titel klar ist, bin ich jeden Vorworts überhoben. Ich begnüge mich daher, das Verfahren auseinanderzusetzen, welches mich zu diesem Schluß geführt. Ich bediente mich Schwefelsäure von verschiedener Verdünnung, enthaltend 1 bis 6

Atome Wasser auf 1 At. Säure, und beobachtete die Temperatur-Erhöhung, die beim Vermischen dieser Säure mit einem Ueberschufs Wasser entstand. Als ich nun die entwickelten Wärmemengen auf gleiche Menge wasserfreier Säure zurückführte, fand ich, dafs die Zahlen, welche diese Wärmemengen ausdrückten, ganz oder beinahe Multipla waren. Hier ein Beispiel:

Auf 1 wasserfreier Säure entwickelt:	Gefunden.	Berechnet.	Multipla.	Unterschiede.
$\text{H}^6 \ddot{\text{S}}$	43,8	43,8	2	1
$\text{H}^4 \ddot{\text{S}}$	67,2	65,7	3	1
$\text{H}^3 \ddot{\text{S}}$	93,5	87,6	4	2
$\text{H}^2 \ddot{\text{S}}$	132,6	131,4	6	4
$\text{H} \ddot{\text{S}}$	222,5	217,8	10	

Man überzeugt sich bald, dafs diese Multipla eine grofse Analogie mit den bekannten Multiplis bei wägbaren Substanzen darbieten. Jedenfalls beweisen die entwickelten Wärmemengen, dafs es mehr als drei bestimmte Verbindungen zwischen Wasser und Schwefelsäuren giebt. Einerseits wissen wir, dafs das erste Atom Wasser mit mehr Kraft zurückgehalten wird als das zweite, das zweite mit mehr Kraft als die folgenden, und die obigen Zahlen beweisen, dafs, je inniger die sich bildende Verbindung, desto gröfser die entwickelte Wärmemenge ist. Diefs läfst uns hoffen, dafs die genaue Messung der Wärmemengen ein relatives Maafs der Verwandtschaft abgeben und uns zur Entdeckung der Gesetze derselben führen werde. Zwar ist der Fall, den ich darbierte, noch der einzige, mit hinreichender Genauigkeit constatirte; allein ich habe schon mehre, die es wenigstens angenähert sind.

Ich beschäftige mich, diese Versuche auf mehre Substanzen auszudehnen, und zu untersuchen, ob in allen Verbindungen von analoger Zusammensetzung ein Wärme-Aequivalent existire oder nicht. Die Abhandlung, an

der ich arbeite, wird alle nothwendigen Einzelheiten enthalten.

XXII. *Zur Analyse organischer Stoffe;*
von H. Hefs.

In diesen Annalen (Bd. XXXXVI S. 179) habe ich den von mir gebrauchten Apparat zur Analyse organischer Stoffe mitgetheilt. — Die Beschreibung war kurz, weil ich selbst weitläufige Beschreibungen ungern lese. — Dadurch haben sich vielleicht aber einige Undeutlichkeiten eingeschlichen, die ich hier hervorheben will.

I. Es theilte mir ein ausgezeichnete Mann die Bemerkung mit, es möchte vielleicht von diesem Apparat nicht so viel Nutzen zu ziehen seyn, als ich zu glauben geneigt bin, und zwar weil die Kohlensäure, wenn sie von freiem Sauerstoff begleitet wird, im Kaliapparat nicht vollständig verschluckt wird. — Diese Bemerkung ist vollkommen richtig; es ist nur zu bemerken, dafs der Versuch so geleitet werden mufs, dafs nie Sauerstoff im Ueberschufs durchströmt. Ich habe vielfältig erfahren, dafs, wenn während der ganzen Analyse Sauerstoff im Ueberschufs durchströmt, der Kohlenstoff zu klein wird. Ist der Versuch aber gut geleitet, was man vollkommen in seiner Hand hat, so geht, nachdem der Apparat sich mit Kohlensäure angefüllt hat, auch nicht eine Gasblase unabsorbirt durch den Kaliapparat, vollkommen aber, wenn man ohne Sauerstoff-Reservoir arbeitete. Erst ganz zuletzt tritt wieder Sauerstoffgas auf, dann ist der Versuch aber auch beendet, — und man braucht nur wenig durchströmen zu lassen.

II. Man glaubt dasselbe zu erreichen, wenn man chlorsaures Kali in das hintere Ende der Röhre legt.

Diefs erfüllt den Zweck aber nicht, denn erstens ist die Entwicklung des Sauerstoffgases bei weitem nicht so leicht vollkommen zu reguliren, wie es mit dem Gasometer geschieht, wo man zu jeder Zeit nach Willkühr den Strom vermehren und vermindern kann. Zweitens aber, und dies ist sehr wesentlich, wird in dem von mir beschriebenen Verfahren der organische Stoff nicht mit dem Kupferoxyd vermischt, und dieses wird für sich ganz glühend eingefüllt, so dafs man jeden Ueberschufs an Wasserstoff, der vom Kupferoxyd herrühren könnte, ganz vermeidet.

XXIII. *Ueber Schützung des Eisens durch Zink.*

(Briefliche Mittheilung von Hrn. Hofrath Muncke.)

Heidelberg, den 21. April 1839.

— **E**ine sehr interessante und vermuthlich (in dieser speciellen Beziehung) auch neue Nachricht kann ich Ihnen mittheilen. Kürzlich theilte mir Hr. v. Althaus, Verfasser einer kleinen Schrift über Elektromagnetismus, jetzt Salinen-Director in Dürnheim, eine seit 10 Jahren von ihm erprobte Erfahrung mit. Er hat nämlich die bei-
läufig 30 F. langen eisernen Pfannen, worin das Salz gesotten wird, vollkommen dadurch gegen den Rost geschützt, dafs er an der Außenseite Zinkstreifen annageln liefs. Keine Flüssigkeit setzt beide Metalle in Verbindung; auch behauptet er, die genaue Politur beider Metalle an den Berührungsstellen sey nicht einmal nothwendig; auch habe er die kalte Soole Wochen lang in solchen geschützten Pfannen stehen gelassen, ohne dafs sich auch bei mittlerer Temperatur irgend eine Spur von Rost zeigte. Seiner Versicherung nach kostet die ganze, so von ihm hergestellte Anlage 22000 Thaler; und man

mufs hiernach gestehen, dafs die Versuche im Grofsen angestellt sind. — Abermals ein schlagender Beweis für die Contact-Theorie; aber die Anhänger der chemischen werden wieder zur Feuchtigkeit der Luft ihre Zuflucht nehmen. Ich selbst habe etwas Aehnliches schon vor mehr als 10 Jahren in Anwendung gebracht, indem ich zwischen die Handhaben und die Bügel der Dynamometer dünne Zinkbleche legen liess; allein ich habe keinen solchen Apparat behalten, und kenne also den Erfolg nicht.

XXIV. *Ueber das Gefrieren des Wassers auf Thermometern.*

(Briefliche Mittheilung von Hrn. F. C. Henrici.)

Harste bei Göttingen, den 27. Febr. 1839.

— **W**enn man die Kugel eines empfindlichen Thermometers mit Mousselin überzieht, den Ueberzug benässt, und das eingedrungene Wasser in Frostkälte gefrieren läst, so sieht man bekanntlich im Augenblick seines Erstarrens das Quecksilber im Thermometer plötzlich um $\frac{1}{2}$ bis 1 Grad steigen, und eben so plötzlich wieder fallen. Man hat Ersteres der durch das Gefrieren des in der Hülle befindlichen Wassers frei werdenden Wärme zugeschrieben. Ich kann dieser Ansicht nicht beistimmen; denn eines Theils kann die auf solche Weise frei werdende Wärme *nie* eine höhere Temperatur, als die bei der vorhergehenden Aenderung des Aggregatzustandes vorhandene erzeugen (gefrierendes Wasser giebt zwar *viel* Wärme, aber nur von 0° C. Temperatur, aus; ein *höherer* Wärmegrad kann unmöglich von *gefrierendem* Wasser mitgetheilt werden); und anderen Theils könnte eine Wärmeänderung im Quecksilber des Thermometers

nicht mit der Geschwindigkeit vor sich gehen, welche bei dem in Rede stehenden Steigen und Fallen derselben stattfindet. Jenes kann daher nur die Folge des Drucks seyn, welchen das Erstarren (Krystallisiren) der zusammenhängenden, die Thermometerkugel umgebenden Wasserhülle momentan gegen diese bewirkt.

XXV. *Magnetische Expedition nach der südlichen Hemisphäre, und Errichtung fixer magnetischer Stationen in Ostindien, Süd-Afrika, St. Helena, Van Diemens-Land und Canada auf Kosten des britischen Gouvernements.*

Die öffentliche Aufforderung zur Errichtung fixer *magnetischer Stationen* in der Tropengegend, welche Herr Alex. v. Humboldt vor drei Jahren an die K. Societät in London richtete, hat endlich erspriessliche Folgen für die Erweiterung unserer Kenntnisse des Erdmagnetismus gehabt. Die Vorschläge, welche jener Gelehrte in einem Briefe an den Herzog von Sussex entwickelte (*Lettre de M. de Humboldt a S. A. R. Mgr. le duc de Sussex, Président de la Société royale de Londres, sur les moyens propres à perfectionner la connaissance du Magnétisme terrestre par l'établissement de stations magnétique et observations correspondantes, Avril 1836*), wurden von der Societät mit Wohlgefallen aufgenommen, und es kam bereits im Jahr 1836 zu dem Beschlusse, das Gouvernement um die pecuniären Mittel anzusprechen, welche die Gründung permanenter magnetischer Stationen erforderte. Die langerwünschte Rückkunft des Sir John F. W. Herschel vom Vorgebirge der guten Hoffnung

hat diese wichtige Angelegenheit von Neuem belebt, und den Plan der Unternehmung dadurch großartig erweitert, daß der Bau magnetischer Häuser an eine See-Expedition geknüpft worden ist, welche die magnetischen Curven der *Abweichung*, der *Inclination* und der *Intensität* bis gegen den Südpol hin bestimmen soll. In der mittleren Breitenzone des alten Continents sind jetzt schon magnetische Häuser, von Lissabon bis Peking, errichtet, Anstalten, die durch gemeinsame Thätigkeit, hauptsächlich aber durch die Freigebigkeit der russischen Regierung, seit kaum acht Jahren zu Stande gekommen sind. In allen neueren, jetzt von der englischen Regierung zu stiftenden, Stationen werden ausschließlich die vortrefflichen und sicheren Apparate und Beobachtungs-Methoden des Hrn. Hofrath Gaußs angewendet werden. Folgende Nachrichten, aus einem neueren Briefe des Majors Edward Sabine geschöpft, der selbst so viel zu der erweiterten Kenntniß des Erdmagnetismus beigetragen, werden über das neue britische Unternehmen zuerst einiges Licht verbreiten. »Die K. Schiffe *Terror* und *Erebus* haben so eben (Anfang April) den Auftrag erhalten, in See zu gehen, um die Linien der magnetischen Abweichung, Neigung und Intensität magnetischer Kraft in der südlichen Halbkugel, namentlich in der Nähe und innerhalb des antarktischen Polarkreises zu bestimmen. Diese interessante und wichtige Unternehmung ist von der K. Regierung dem, als Begleiter des Sir Edw. Parry, bei allen seinen Polar-Unternehmungen, bekannten und so sehr ausgezeichneten Capt. James Ross übertragen worden. Die Schiffe sollen, in jeder Hinsicht, gerade so ausgerüstet und bemannt werden, wie bei den Polar-Reisen, und es sind *drei Jahre* zur Vollendung der Untersuchungen ausgesetzt, wobei Van Diemens Land zum Erholungshafen bestimmt ist. Die Erfahrung, welche man sich in England bei der Ausrüstung so vieler nordischer Expeditionen erworben, berechtigt zu der Er-

wartung, daß diese Schiffe und deren Mannschaft vollkommen dazu geeignet seyn werden, die Untersuchungen bis zu ihrer äußersten möglichen Gränze im Süd-Polarmeer auszudehnen. Was den Befehlshaber betrifft, so kann man mit Recht behaupten, daß er, in einem ganz besonderen Grade, die Eigenschaften in sich vereinige, welche zu einem solchen Unternehmen erforderlich sind.«

»Die Expedition wird alle die nöthigen Erfordernisse an Beobachtern und Instrumenten für fixe magnetische Stationen auf *Van Diemens Land*, *St. Helena* und dem *Vorgebürge der guten Hoffnung* mitnehmen, welche, auf der Fahrt, nach ihren resp. Bestimmungsorten gebracht werden sollen. Auf den magnetischen Stationen soll *drei Jahre lang* beobachtet werden, und die Vorsteher derselben sollen Artillerie- oder Ingenieur-Officiere seyn. Die Instrumente sollen denen gleich seyn, welche jetzt die Sternwarte in *Dublin* besitzt (also Gauß'sche Reflexions-Apparate). Magnetometer dreierlei Art, für Abweichung, horizontale und verticale Kraft; Observatoren und Instrumente für eine *vierte* Station werden, zu gleicher Zeit mit der See-Expedition, nach *Canada* abgehen, so wie die ostindische Compagnie drei andere in Indien, nämlich in *Madras*, *Bombay* und *Simla*, in Thätigkeit zu setzen unternommen hat. Der *Plan* der Beobachtungen auf diesen Stationen soll nicht eher bestimmt werden, als bis man mit den Magnetbeobachtern (*magneticians*) auf dem Continent sich in Verbindung gesetzt haben wird. Man erwartet, daß die sämtlichen Vorbereitungen bis zur Mitte des *August's* vollendet seyn werden, so, daß die sämtlichen Observatorien zu Anfang des Jahres 1840 in Thätigkeit seyn werden.«

XXVI. *Ueber die allgemeinen magnetischen Relationen und Charaktere der Metalle;*
von M Faraday.

(*Phil. Mag. Ser. III Vol. XIV p. 161.*)

Die Idee, dass die Metalle sämmtlich bei großer Kälte magnetisch seyn möchten, wie sie alle oberhalb einer gewissen Temperatur unmagnetisch sind, wurde im März 1836 ausgesprochen, und dabei einige Versuche gemacht, in denen verschiedene Metalle bis -60° oder -70° F. abgekühlt wurden, ohne jedoch Magnetismus zu erlangen ¹⁾. Es wurde späterhin bemerkt, dass Berthier gesagt, außer Eisen, Kobalt und Nickel, *besüfse auch Mangan bei einer gewissen, weit unter Null liegenden Temperatur Magnetismus* ²⁾. Da ich im letzten Mai Gelegenheit hatte, mit Thilorier's schönem Apparat zur Darstellung flüssiger und starrer Kohlensäure zu arbeiten, so ward ich begierig zu untersuchen, welchen Einfluss die hiemit zu erlangende, äußerst niedrige Temperatur wohl auf die magnetischen Kräfte von Metallen und anderen Substanzen, besonders Mangan und Kobalt, ausüben würde.

Die Substanzen wurden durch Eintauchung in die Mischung von Aether und starrer Kohlensäure erkaltet, und entweder durch an ihnen befestigte Platindrähte oder Holzstäbchen darin ungerührt. Die Temperatur würde, nach Thilorier, ungefähr -112° F. seyn ³⁾. Zur Prüfung auf Magnetismus diente ein astatiches System von zwei Nadeln, die beide klein und kräftig waren, so

1) *Annal. Bd. XXXVII S. 423.*

2) *Ebendasselbst, S. 429.*

3) *Ebendasselbst, Bd. XXXVI S. 141.*

dafs es sehr empfindlich seyn mußte für eine magnetische Substanz, die einem seiner vier Pole genähert wurde. Mit großer Sorgfalt suchte man die Wirkung des, durch den erkalteten Körper gebildeten, herabsteigenden Luftstroms zu vermeiden, und daher wurden in den wichtigsten Fällen sehr dünne Glimmerplatten eingeschaltet.

Folgende Substanzen gaben, bis 112° F. abgekühlt, nicht die geringste Anzeige von Magnetismus:

Antimon	Chrom	Blei	Rhodium
Arsen	Kobalt	Quecksilber	Silber
Wismuth	Kupfer	Palladium	Zinn
Kadmium	Gold	Platin	Zink.

Ein mir von Hrn. Everett gegebenes Stück *Manganmetall* war bei *gewöhnlichen* Temperaturen schwach magnetisch und polar. Bis zum äußersten Grad erkaltet, war es nicht stärker magnetisch. Hienach glaube ich, dafs die Angabe von seiner Erlangung magnetischer Kräfte unter solchen Umständen unrichtig ist. Durch sehr sorgfältige Untersuchung wurde in diesem Stück Mangan eine Spur Eisen gefunden, und dieser muß, glaube ich, der Magnetismus desselben zugeschrieben werden.

Es wurde sorgfältig ermittelt, dafs *reines* Kobalt bei jener sehr niedrigen Temperatur nicht magnetisch wird.

Die natürliche Legirung von *Iridium* und *Osmium*, so wie auch Krystalle von *Titan*, zeigten sich in gewöhnlichen Temperaturen schwach magnetisch, ich glaube wegen eines Eisengehalts¹⁾. Auf den niedrigsten Grad erkaltet, erlangten sie keinen stärkeren Magnetismus, und daraus dürfte zu schliessen seyn, dafs *Iridium*, *Osmium* und *Titan* auf die Liste der nicht magnetischen Metalle zu setzen sind.

In ähnlicher Weise wurde nun *Kohle* und die folgenden Metalle geprüft, aber alle mit negativem Erfolg;

1) S. Wollaston. Gilbert's Annalen, Bd. LXXV S. 220.

nicht einer dieser Körper gab in der Kälte die geringste Anzeige von erlangtem Magnetismus:

- | | |
|----------------------|-----------------------------|
| 1) Kohle | 12) Bleiglanz |
| 2) Haematit | 13) Realgar |
| 3) Bleioxyd | 14) Operment |
| 4) Antimonoxyd | 15) Zinnober, derb, natürl. |
| 5) Wismuthoxyd | 16) Schwefelsilber |
| 6) Arsenige Säure | 17) Schwefelkupfer |
| 7) Zinnstein | 18) Schwefelzinn |
| 8) Braunstein | 19) Schwefelwismuth |
| 9) Chlorsilber | 20) Schwefelantimon |
| 10) Chlorblei | 21) Eisenvitriol, krystall. |
| 11) Quecksilberjodid | 22) dito wasserfrei. |

Die Kohle war jene dichte, harte, welche man aus den Gasretorten erhält. Die Substanzen 3, 4, 5, 6, 9, 10, 11 und einige der Schwefelmetalle waren zuvor geschmolzen worden; auch wurden alle Substanzen im möglich dichtesten und festesten Zustand angewandt.

Es ist vielleicht blofs wegen der angeblich nach Einigen in hohen nördlichen Breiten vorkommenden Erscheinungen noch bemerkenswerth, dafs Eisen und Nikkel bei Erkaltung zu dem niedrigsten Temperaturgrade keine Schwächung ihres Magnetismus erleiden.

XXVII. *Fortgesetzte Beobachtungen über die Bodentemperatur von Brüssel.*

Schon früher (Ann. Bd. XXXV S. 139 und Bd. XXXVIII S. 531) theilten wir die Ergebnisse der Beobachtungen mit, welche Hr. Quetelet über die Bodentemperatur von Brüssel i. d. J. 1834 und 1835 angestellt hat. Seit der Zeit hat dieser eifrige Naturforscher die Beobach-

tungen mit lobenswerthem Eifer fortgesetzt, und in einem der neueren Stücke des Bulletin der Brüsseler Academie, das uns durch dessen Güte zugesandt ward, die Resultate des letzten Jahres verglichen mit dem Gesamt-Resultate des ganzen Lustrums zusammengestellt. Wir beeilen uns daher auch diese den Lesern zu übergeben, um so mehr, als sie einen interessanten Vergleich mit denen neuerlich von Hrn. Prof. Forbes zu Edinburg ¹⁾ angestellten gewähren ²⁾.

Tiefe.	Zeiten			
	der Minimum-Temperatur.		der Maximum-Temperatur.	
	1838.	Allg. Mittel.	1838.	Allg. Mittel.
0,00 Par. F.	27,4 Jan.	22,9 Jan	14,5 Juli	22,0 Juli
0,58	7,1 Febr.	2,9 Febr.	19,7 -	26,8 -
1,38	13,3 -	11,4 -	18,8 -	31,1 -
2,31	16,4 -	21,8 -	25,8 -	5,4 Aug.
3,08	³⁾	24,8 -	27,2 -	8,3 -
12,00	19,1 Apr.	21,7 Apr.	23,6 Oct.	12,5 Oct.
24,00	20,0 Juni	18,5 Juni	15,6 Dec.	12,0 Dec.

Die große Kälte im Januar 1838 hat also auf den Eintritt des Minimums in 24 Fufs Tiefe keinen beträchtlichen Einfluss gehabt; dagegen hat sie stärker auf die Werthe des Minimums eingewirkt, wie folgende Tafel zeigt:

1) Annalen, Bd. XXXXVI S. 509.

2) Eine ausführliche, die Erfahrung mit der Theorie vergleichende Abhandlung des Hrn. Quetelet über die Bodentemperatur von Brüssel hoffen wir auszugsweise künftig mittheilen zu können.

3) Diefs Thermometer konnte nicht beobachtet werden.

Tiefe.	Temperatur. Centesimalgrade.			
	Minimum.		Maximum.	
	1838.	Allg. Mittel.	1838.	Allg. Mittel.
0,58 Par. F.	+ 0°,32	+ 2°,76	+15°,56	+16°,65
1,38	1 ,81	3 ,66	16 ,05	16 ,48
2,31	1 ,90	4 ,28	15 ,33	16 ,34
3,08	?	5 ,94	15 ,64	16 ,38
12,00	9 ,48	9 ,69	14 ,31	14 ,30
24,00	10 ,71	11 ,14	12 ,31	12 ,62

. Jährliche Schwankung der Temperatur in Centesimalgraden.

Tiefe.	1838.	1834 bis 1838.
0,58 Par. F.	15°,24	13°,89
1,38	14 ,24	12 ,82
2,31	13 ,43	12 ,06
3,08	?	10 ,44
12,00	4 ,83	4 ,61
24,00	1 ,60	1 ,48

Vorstehende Beobachtungen wurden sämmtlich mittelst Thermometer gemacht, die im *Norden* der Sternwarte in den Boden versenkt sind. Seit drei Jahren sind dergleichen Thermometer auch im *Süden*, an einem der Sonne zugänglichen Orte, eingelassen worden. Die hiemit angestellten Beobachtungen wird Hr. Quetelet künftig mittheilen.

XXVIII. *Klima von Sardinien.*

Nach Hrn. Moris, Prof. der Botanik in Turin ¹⁾, kann man in Sardinien drei Zonen unterscheiden. Erstens die

1) *Flora sardoa seu historia plantarum in Sardinia et adjacentibus insulis vel sponte nascentium vel ad utilitatem latius ex-culturarum, auct. J. H. Moris, Taurini 1837.*

untere Region, die Region der Ebenen, deren Vegetation sich kaum von der der benachbarten Küste unterscheidet. Sie ist sehr ungesund, theils wegen der von den Sümpfen ausgehauchten Miasmen, theils wegen des Temperatur-Unterschiedes zwischen Tag und Nacht, dessen schädlicher Einfluss den Einwohnern so bekannt ist, dass sie sich seit undenklichen Zeiten, selbst in der heißen Jahreszeit, mit Hammelfellen bekleiden. Die Hügel und Wälder bieten nicht diese Uebelstände dar. Die zweite Region, die *intermediäre*, besteht aus höher liegenden Ebenen oder Hügeln. Ihre Vegetation ähnelt der des gemäßigten Europa's. Ihr Klima kann man aus folgenden, in den Jahren 1822 bis 1825 zu *Carali* in einer Höhe von 101^m,4 beobachteten Mitteltemperaturen beurtheilen ¹).

Herbst	+ 14 ^o ,17 R.	Winter	+ 8 ^o ,35 R.
Frühling	11 ,65	Sommer	19 ,05.

Die dritte Region ist die der *Berge*. Die Berge sind auf Sardinien weniger hoch als auf Corsica. Während dort die beiden höchsten Gipfel, der *Monte Rotondo* und *Monte d'Oro*, respective 2672 und 2652 Meter messen, hat der höchste Punkt in Sardinien, der *Genargento*, nur 1917 Meter Höhe; auf ihm verschwindet der Schnee gänzlich, während die nördlichen Berge in Corsica, wenigstens in Spalten und Höhlen, immer einigen Schnee beherbergen ²). Außerdem findet man in Sardinien den *Mt. d'Oliena* von 1338, den *Mt. Limbara* von 1313

1) Siehe *Voyage en Sardaigne ou Descript. statistique, physique, etc.*, par le chevalier Albert de la Marmora, Paris 1826.

2) In Brugnière's *Orographie de l'Europe* wird der *Punta Schiuschiu*, dem Gipfel vom *Mt. Genargento*, eine Höhe von 1830, und dem *Mt. Gigantinu*, in den Bergen von *Limbarra*, eine Höhe von 1217 Metern beigelegt, beides nach Barometermessungen von Marmora; andererseits wird daselbst die Höhe des *Monte Rotondo*, nach trigonometrischer Bestimmung auf der *Carte de la Corse*, publié par le dépôt de la guerre, zu 2764 Meter angegeben. P.

und den *Linäs* von 1242 Meter. (*Biblioth. universell. T. XIII p. 189.*)

XXIX. Höhenmessungen in Peru.

In einem Briefe an Hrn. Arago meldet Hr. Pentland, dafs er die Messung des *Illimani* wiederholt, und, unter günstigeren Umständen als i. J. 1827, für die Höhe dieses erhabensten Gipfels der Neuen Welt = 7275 Meter (22396 Par. Fufs) gefunden habe. (Die früheren Messungen (Ann. Bd. XIII| S. 519) gaben 7376 Met. (22706 Par. F.), also etwa 100 Meter mehr). — Vier Messungen an den West- und Süd-Abhängen der Cordilleren jener Gegenden gaben für die Höhe der *Schneeegränze*: 4823; 4736; 4782; 4775 Met., an der Nordostseite hatte er sie i. J. 1827 selten unter 5200 Meter angetroffen, — In späteren Briefen giebt Hr. P. an, er habe in 14° 33' S. an den Bergen von *Vilcanota*, welche die Ost- und Westkette der grossen Cordillera in der Quere verbindet, die *Schneeegränze* in 4928 Met. Höhe gefunden (i. J. 1827 unter 16° 40' S. am *Illimani* in 4720 Met. Höhe). Auch bemerkt er, dafs sich am *Nevado de Guaracolta* unter 14° 30' S. eine reiche Quelle befinde, die 80 Met. unter der *Schneeegränze* hervorsprudele und +3°,6 C. Temperatur besitze. (*Compt. rend. T. VI p. 831*, und *T. VII p. 490* und 708.)
